



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

ANNI JOKINEN

3D-OHJELMISTOT VAATETUSTEOLLISUUDESSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Heikki Mattila
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Automaatio, kone- ja materiaalitekniikan
tiedekuntaneuvoston kokouksessa 3.
marraskuuta 2010

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Kuitumateriaalitekniikan koulutusohjelma

JOKINEN, ANNI: 3D-ohjelmistot vaatetusteollisuudessa

Diplomityö, 56 sivua

Marraskuu 2010

Pääaine: TEVA-tuotantoteknologia

Tarkastaja: professori Heikki Mattila

Avainsanat: CAD- ja CAM-ratkaisut, 3D-mallinnus ja visualisointi,

3D-vartaloskanneri, virtuaalisovitus

3D-lyhennyksellä viitataan useimmiten tietokonegrafiikkaan, jossa pyritään realistiseen kolmiulotteiseen perspektiiviin ja joka on toteutettu tähän tarkoitukseen tehdyillä erityisohjelmistoilla. Kankaat ovat pehmeitä ja joustavia materiaaleja, minkä vuoksi niiden 3D-mallinnus on monimutkaisempaa kuin muilla teollisuuden aloilla käytettävien jäykkien materiaalien. Tästä johtuen 3D-mallinnusta ja visualisointia ei käytetä niin yleisesti vaatetusalaan kuin muilla teollisuuden aloilla.

Tässä diplomityössä selvitetään millaisia 3D-teknologiaa hyödyntäviä sovelluksia on tarjolla ja miten vaatetusteollisuuden yritys voi niistä hyötyä. Vaihtoehtoja on pyritty esittelemään monipuolisesti ja esittämään kokonaisvaltainen näkemys 3D-teknologian tarjoamista mahdollisuuksista.

Tekstiilimateriaalien erityispiirteet pehmeänä ja laskeutuvana kankaana on hankaloittanut tuotantoprosessin automatisointia. Vaatteen valmistusta ei ole mahdollista täysin automatisoida millään CAM-menetelmällä, joten sitä edeltävien vaiheiden automatisointi on laahannut jäljessä muihin teollisuuden aloihin verrattuna. Suomessa vaatetusteollisuudessa on käytössä lähinnä Gerber Technologyn ja Lectran tarjoamia CAD- ja CAM- ratkaisuja. Näiden lisäksi on käytössä joitain pienempien ohjelmistoyritysten tuotteita.

Vaatetusteollisuuden 3D-ohjelmistot voidaan jakaa kolmeen kategoriaan: tuotesuunnitteluun tarkoitetut ohjelmistot, tuotteen visualisointiin tarkoitetut ohjelmistot sekä markkinointi- ja myyntitarkoituksiin tarkoitetut ohjelmistot. Näiden lisäksi on vaatetusalan tarpeisiin kehitetty kolmiulotteinen vartaloskanneri ja sen avulla saadun mitoitustiedon hyödyntämiseen tarkoitettuja sovelluksia. Vaatetusteollisuuden käyttöön tarkoitetuissa 3D-ohjelmistoissa ensisijaisia hyötyjä ovat suunnittelu- ja mallitusprosessin nopeutuminen, parempi visuaalisuus ja sen kautta helpottunut tiedon jakaminen. Suurin konkreettinen etu on rotomallikappaleiden määrän väheneminen. Ensimmäinen fyysinen protomallikappale valmistetaan vasta, kun yksimielisyys mallin lopullisesta ulkomuodosta ja yksityiskohdista on saavutettu.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Fiber Material Technology

JOKINENI, ANNI: 3D-sofware in clothing industry

Master of Science Thesis, 56 pages

November 2010

Major: Textile and Clothing Production technology

Examiner: Professor Heikki Mattila

Keywords: CAD- and CAM-solutions, 3D modelling and visualization, 3D body scanner, virtual fitting

Abbreviation 3D usually refers to computer graphics, which aims at a realistic three dimensional perspective and that has been implemented special software for this purpose. Fabrics are soft and flexible materials, which is why 3D modeling is more complicated than in other industries witch use rigid materials. As a result, 3D modeling and visualization are not used so commonly in the clothing sector than in other industries.

This thesis explains what kind of 3D technology applications are available for clothing industry and how the clothing companies can benefit from them. Options have been tried to present a versatile and a holistic view of the 3D technology opportunities.

Special characteristics of textiles as a soft and draping material have made production automation very difficult. It is not possible to fully automate garment manufacturing with any CAM method, so the preceding phases of automation has also lagged behind compared to other industries. Most popular CAD and CAM solutions providers in clothing industry in Finland are Lectra and Gerber Technology. In addition, there are few smaller software companies' products.

3D softwares for clothing industry can be divided into three categories: product design softwares, products development and visualization softwares and softwares for marketing and sales purposes. Besides these softwares, man has developed three-dimensional body scanner which generates very dense cloud of points representing a 3D human figure. This scanner can benefit clothing companies on mass retails production and there are solutions which can use the data of scanner as virtual fitting process. Primary benefits from 3D softwares in clothing industry are faster design and product development process, better visuals and open and clear information sharing. Reduction of prototypes in the number is the biggest tangible benefit. The first physical prototype sample of the product will be done only after man has received a consensus of all the details and final appearance have been achieved

ALKUSANAT

Tämän diplomityön tekeminen on kestänyt kauan. Työ on aloitettu jo syksyllä 2005. Tänä aikana olen syventänyt aihepiirin tuntemusta toimimalla Lectra Oy:n palveluksessa. Toimiessani kouluttajana ja konsulttina sain paljon lisäinformaatiota ja kiinnostukseni diplomityön aihepiiriin kasvoi.

Kiitos professori Heikki Mattilalle, joka tarkasti työn. Haluan kiittää myös ystäviäni. Erityiskiitokset varsinkin niille muutamalle tärkeälle ystävälleni, jotka tukivat minua opintojeni loppukirivaiheessa.

Espoossa 19.11.2010

Anni Jokinen

SISÄLLYS

Tiivistelmä	II
Abstract	III
Alkusanat	IV
Termit ja niiden määritelmät	VI
1 Johdanto	0
2 Yleistä 3D-mallinnuksesta	1
2.1 3D-mallien perustyytit	2
2.2 Teksturointi	4
2.3 3D-suunnittelun avulla saavutettavat hyödyt	5
2.4 3D-teknologia vaatetuslalla	5
3 Vaatetusteollisuuden CAD- ja CAM -järjestelmät	7
3.1 CAD- ja CAM-järjestelmät vaatetusteollisuuden käytössä Suomessa	7
4 Vartaloskannaus	11
4.1 Massaräätälöinti	12
4.1.1 E-tailor hanke	12
4.1.2 Massaräätälöinnin kaupalliset toteutukset	13
4.2 Virtuaalisovitus sopivimman koon löytämiseksi	14
4.3 Sähköinen kaupankäynti	15
4.4 Vartaloskannauksen käyttöönottoon liittyviä ongelmia	17
5 3D-Suunnitteluohjelmistot	19
5.1 Lectra Kaledo Style ja Kaledo 3D Trend	19
5.2 Browzwear VStyler™	21
5.3 Optitex C-DESIGN Fashion ja 3D Runway Designer 3D flattening	22
6 Tuotekehitys- ja visualisointiohjelmistot	25
6.1 Optitex 3D Runway Designer	26
6.2 Browzwear VStitcher	28
6.3 Lectra Modaris 3D Fit	30
6.4 Ohjelmistojen yhtäläisyydet ja eroavaisuudet	31
7 Markkinointiin ja visuaaliseen esittämiseen tarkoitetut ohjelmistot	32
7.1 3D-mallinnuksen tarjomat mahdollisuudet internetkaupassa	32
7.2 Viewer-työkalut	33
8 Edellytyksiä uusien ohjelmistojen käyttöönottoon	35
8.1 Vaatimukset tietokoneilta	38
8.1.1 Yhteensopivat tiedostomuodot	39
8.2 Ohjelmistojen käyttöön tarvittava koulutus	42
9 Case: 3D-ohjelmiston avulla saavutetut hyödyt (Modaris 3D Fit ja KappAhl)	44
10 Yleisiä johtopäätöksiä 3D-ohjelmistojen tarpeellisuudesta	46
10.1 Miten valita oikea ohjelmisto	47
11 Tulevaisuuden ohjelmistokehitys	49
Lähteet	53

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

CAD Tietokoneavusteinen suunnittelu (engl. Computer Aided Design).

CAM Tietokoneavusteinen valmistus (engl. Computer Aided Manufacturing).

KAAVOITUSOHJELMISTO

Kaavojen muokkaamiseen, kuositteluun ja sarjontaan tarkoitettu tietokoneohjelmisto.

ASETTELUOHJELMISTO

Leikkuusuunnitelman tekoon tarkoitettu tietokoneohjelmisto.

3D Kuva, joka sisältää kolme ulottuvuutta; pituus, leveys ja korkeus. Kuvien hahmottaminen on paljon selkeämpi kuin kaksiulotteisessa muodossa.

2D Kuva, jossa on kaksi ulottuvuutta; pituus ja leveys. Esimerkiksi vaatteiden kaavat ovat 2D-kuvia.

VIRTUAALIYMPÄRISTÖ

Tila, johon on luotu tietokonepohjainen keinotekoinen ympäristö.

ISOTROOPPINEN Materiaali, jonka lujuusominaisuudet ovat kaikissa suunnissa samanlaiset.

PDM Tuotetiedon hallinta (engl. Product Data Management) tarkoittaa ohjelmistojärjestelmää, jolla hallitaan keskitetysti tuotteisiin liittyvää tietoa ja tiedostoja.

PLM Tuotteen elinkaaren hallinta, (engl. Product Lifecycle Management), on ohjelmistokokonaisuus jonka avulla pyritään hallitsemaan kaikki tuotteeseen liittyvät tiedot ja suunnitteluprosessit.

1 JOHDANTO

Tämä diplomityö on kirjallisuusselvitys 3D-teknologiaan hyödyntävistä tietokoneohjelmistoista, jotka on suunnattu vaatetusteollisuudelle. Työn alkuosassa selvitetään perusasioita 3D-piirtämisestä ja tutustutaan 3D-teknologian tuomiin hyötyihin yleisellä tasolla. Työssä tutustutaan kolmiulotteiseen vartaloskannausjärjestelmään ja sen hyödyntämisen avuksi kehitettyihin sovelluksiin. Työssä esitellään myös 3D-ohjemistoratkaisuja, jotka on kehitetty varta vasten vaatetusteollisuuden tarpeisiin.

Vaatetusteollisuuden 3D-ohjelmistot on tässä työssä jaettu kolmeen kategoriaan käyttötarkoituksen mukaan: tuotesuunnitteluun tarkoitetut ohjelmat, tuotteen visualisointiin tarkoitetut ohjelmat sekä markkinointi- ja myyntitarkoituksiin tarkoitetut ohjelmat. Tämä jaottelu on osittain keinotekoinen, sillä ohjelmistovalmistajat ovat jakaneet ohjelmistonsa erilaisiin moduuleihin ja niiden sisältö vaihtelee. Työssä on kuitenkin pyritty esittelemään monipuolisesti kaikki vaihtoehdot ja esittämään kokonaisvaltainen näkemys 3D-teknologian tarjoamista mahdollisuuksista.

Ohjelmistovalmistajista on valittu kaksi suurinta Suomessa toimivaa: Lectra ja Gerber Solutions. Vertailun vuoksi mukana on kaksi ulkomailla toimivaa valmistajaa: Optitex ja Browzwear International Ltd. Optitex on merkittävä tekijä Amerikan ja Intian ohjelmistomarkkinoilla. Browzwear International Ltd. on 3D-ohjelmistojen edelläkävijä ja panostaa selkeimmin vain tähän osa-alueeseen ohjelmistoissaan. Työssä esitellään jokaisen valmistajan vaatetusteollisuuden käyttöön tarkoitetut 3D-ohjelmistot, niiden käyttötarkoitukset ja niiden avulla saavutetut hyödyt. Konkreettisena esimerkkinä esitellään Ruotsalaisen KappAhl:n tapaus ja kerrotaan miten Modaris 3D Fit:n avulla on saatu tuotekehitysprosessia parannettua ja nopeutettua.

Lopuksi työssä pohditaan 3D-ohjelmistojen todellista tarvetta vaatetusalaalla ja annetaan joitain käytännön vinkkejä, joita tulisin huomioida harkittaessa 3D-ohjelmiston hankkimista. Työn viimeinen kappale käsittelee tulevaisuuden ohjelmistokehitystä ja siinä ennustetaan mahdollisia tulevaisuuden näkymiä vaatetusteollisuuden CAD- ja CAM-ohjelmistoissa.

2 YLEISTÄ 3D-MALLINNUKSESTA

3D-lyhennyksellä viitataan useimmiten tietokonegrafiikkaan, jossa pyritään realistiseen kolmiulotteiseen perspektiiviin ja on toteutettu tähän tarkoitukseen tehdyillä erityisohjelmistoilla. 3D-kuva sisältää kolme ulottuvuutta; pituus, leveys ja korkeus, joten kuvan hahmottaminen on selkeämpää kuin 2D-kuvassa. 3D-kuvien avulla pyritään tuotteen realistiseen esitykseen.

Kolmiulotteista piirtämistä kutsutaan mallintamiseksi. Tämä johtuu työskentelytavasta, joka muistuttaa enemmän osista kasaamista kuin perinteistä piirtämistä. Kaikki mallinnustyö tapahtuu kolmiulotteisessa avaruudessa. Esineiden ja niiden eri kohtien sijainnit ilmoitetaan koordinaattiakselien (X, Y ja Z) avulla. Piste on käyttäjän määrittämä paikka avaruudessa, jonka sijainti ilmoitetaan X-, Y- ja Z-koordinaattien avulla. Pisteet ovat yksistään näkymättömiä, mutta niiden avulla muodostetaan näkyviä joukkoja.

Suurin osa nykyaikaisista kolmiulotteisista CAD-ohjelmistoista on piirrepohjaisia. Tämä tarkoittaa että 3D-malli koostuu useista toisiinsa kiinnittyneistä piirteistä kuten kuutio, pallo, suorakulmio, kartio tai sylinteri. Kappaleen perusmuotoa voidaan pitää pääpiirteinä ja siihen lisätään apupiirteitä kuten reikiä, pyöristyksiä tai viisteitä.

Mallia luotaessa piirrepohjaisuuden myötä syntyy mallille niin sanottu historiapuu. Historiapuuhun tallentuu mallin historia, joten sen avulla nähdään miten malli on rakennettu. Historiapuun avulla mallia voidaan muuttaa helposti. Jos tuotteesta valmistetaan useita erikokoisia vaihtoehtoja, ne voidaan kyetä esittämään yhdellä mallilla. 3D-malleista voidaan myös helposti rakentaa mittaohjautuvia. Mittaohjautuvuudella tarkoitetaan tiettyjen mittojen sitomista toisiinsa. Mittojen riippuvuuksilla saadaan esim. reikä pysymään kuution keskellä, vaikka kuution mitat muuttuisivat. Tämän ansiosta valmista tuotetta on helppo muokata ja uuden käyttäjän on helpompi tutkia miten malli on rakennettu. Mallia voidaan muokata yksinkertaisesti muokkaamalla mittojen relaatioita. Mittaohjautuvuuden hankalan puolesta voidaan pitää sitä että käyttäjän tulee tietää paljon määrittelytietoja mallia rakennettaessa.

Mittariippuvaisia malleja rakennettaessa puhutaan usein parametrisoinnista. *Parametriset järjestelmät ratkaisevat rajoitukset muuttujien peräkkäisillä sijoituksilla, missä jokainen sijoitettu arvo on laskettu aikaisemmin sijoitettujen arvojen funktiona.* Toinen asiaan liittyvä termi on variatiivisuus. *Variaatiojärjestelmät ratkaisevat rajoitukset muodostamalla rajoituksia esitettävistä yhtälöistä ryhmän ja ratkaisemalla sen yhtäaikaiseen yhtälöryhmään ratkaisemiseen perustuvalla tavalla.* [1, s.57]

Käytännössä termejä käytetään varsin kirjavissa merkityksissä. Se mitä järjestelmää ohjelmisto käyttää, ei näy käyttäjälle itselleen. Varsinkin ohjelmistojen myynti- ja markkinointimateriaaleissa on paljon epäjohdonmukaisuuksia ja joskus on vaikea käsittää mitä termeillä tarkalleen tarkoitetaan. Useimmiten parametrisoinnilla tarkoitetaan sitä että suunnittelijat voivat tehdä suunnitelmiin muutoksia nopeasti vain muuttamalla parametrien arvoja. Kun arvoa muutetaan, malli päivittyy automaattisesti uuden arvon mukaiseksi. Kaikki mallin ominaisuudet ja mitat, joita muutos koskee, päivittyvät automaattisesti. Kolmiulotteiset mallinnusjärjestelmät, joissa on kaksisuuntaiset yhteydet ja parametrinen suunnittelutoiminto, sekä nopeuttavat muutosten tekemistä malleihin että pienentävät virheiden todennäköisyyttä huomattavasti. [2]

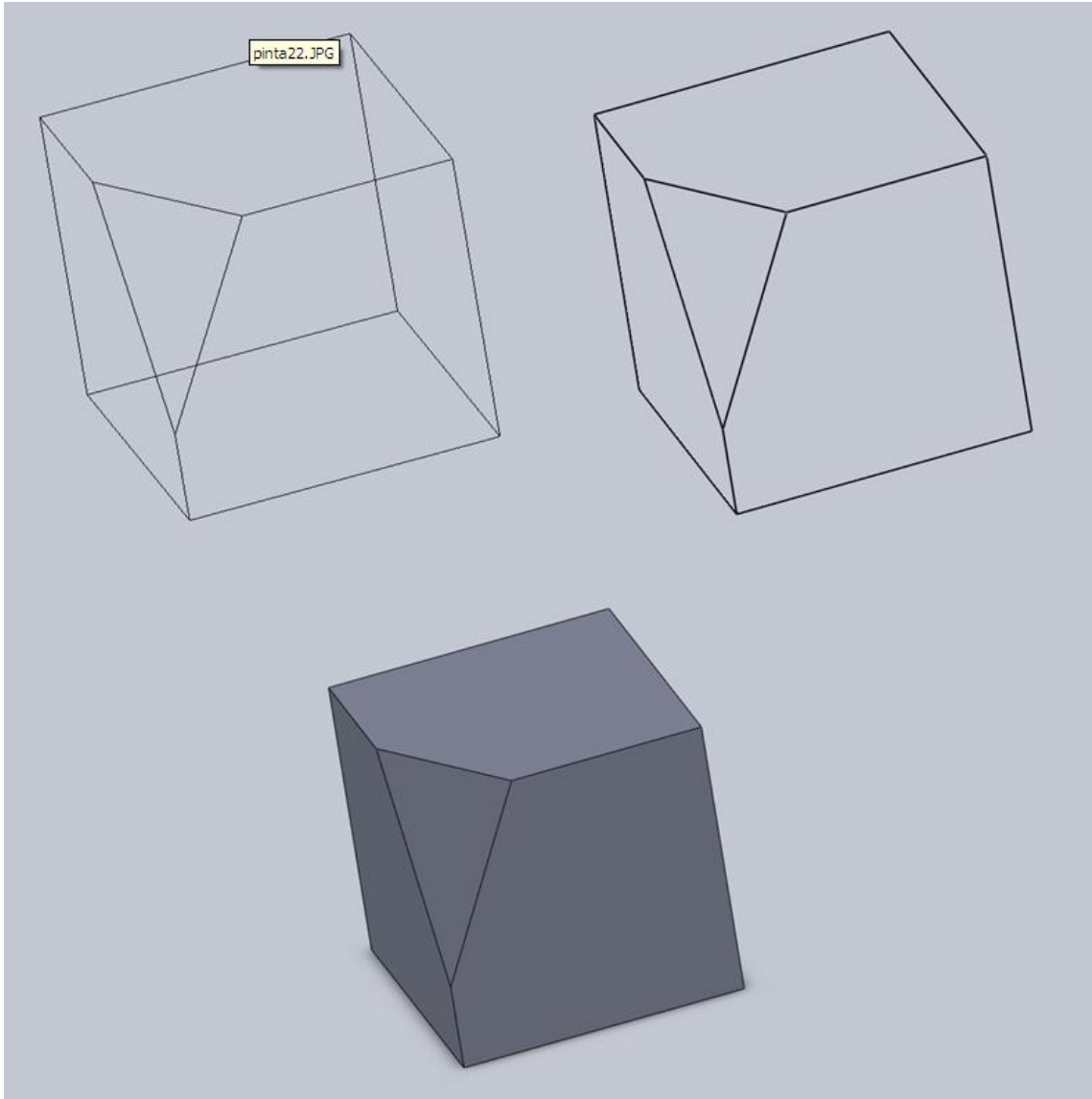
Suunnitteluprosessi on samanlainen, oli rajoitusten ratkaisuprosessi sitten parametrinen tai variatiivinen. Parametrinen suunnittelun ja variatiivisen geometrian välillä on lähinnä teknisiä eroja vahvuuksissa ja sovellettavuudessa. Vaatteen 3D-suunnitteluun ei sellaisenaan kyetä puhtaasti kummallakaan tekniikalla. Useimmat yleiset CAD-järjestelmät käyttävät yhdistelmää kummastakin. [1, s.59] Ohjelmisto voi esimerkiksi käyttää parametrista mallintamista geometrisen muodon määrittelyyn ja variatiivista mallintamista suunnittelurajoitusten määrittelyyn. Todellisuudessa vaatetusteollisuuden 3D-ohjelmistoissa tämänkaltaiset tiedot ohjelmiston toiminnasta lasketaan liikesalaisuuksiksi, joiden yksityiskohtia ei haluta jakaa.

2.1 3D-mallien perustyytit

3D-mallit voidaan jakaa kolmeen erilaiseen perustyyppiin, jotka ovat: rautalankamalli, pintamalli tai tilavuusmalli. Rautalankamalli koostuu pisteistä ja niitä yhdistävistä viivoista, jotka kuvaavat kappaleen särmiä. [3, s.6] Rautalankamalli on malleista yksinkertaisin ja puutteellisin eikä juurikaan enää sellaisenaan käytössä. Vaatteen tapauksessa rautalankamalli soveltuu ainoastaan luonnoskuviksi tai mallikuviksi ohjeisiin hahmottamaan vaatteen lopullista ulkomuotoa. Käytännössä esimerkiksi erilaisia saumatyyppejä kuvaavat poikkileikkauskuvat voidaan numeroida ja kukin saumatyyppin numero merkataan paikalleen rautalankamalliksi luokiteltavaan kuvaan. Tämän kaltaisia kuvia piirretään usein tavallisilla 2D-piirrosohjelmistoilla tai jopa käsin. Niiden mittasuhteiden ei ole tarvetta olla täysin oikein eikä kuvien tarvitse olla parametrisoituja.

Rautalankamallia tarkempi esitys saadaan kuvaamalla kappale pintamallina. Rautalankamallin tavoin pintamalli koostuu pisteistä ja niitä yhdistävistä viivoista. Pintamalli pystyy esittämään viivojen rajaamat pinnat. Pintamalli ei kuitenkaan pysty esittämään ulko- ja sisäpintojen välisiä poikkileikkauksia, joten se ei varsinaisesti ole 3D-malli. [3, s. 7] Vaatetuksen tapauksessa pintamalli soveltuu lähinnä havainnollistavaksi apukuvaksi tai myynti- ja markkinointikäyttöön. Sillä voidaan kuvata helposti vaatteen ulkonäkö, mutta se ei sovellu tuotekehityksen käyttöön.

Parhaiten todellista kappaletta kuvaa tilavuusmalli. Tilavuusmalli pystyy, toisin kuin pintamalli, esittämään myös kappaleen poikkileikkaukset ja sen sisältämät yksityiskohdat. Tilavuusmallit pyrkivät olemaan ”täydellisiä kappaleiden kuvauksia eli niiden avulla voidaan vastata algoritmisesti mihin tahansa geometriaa koskevaan kysymykseen” [1, s.46]. Tämän takia tilavuusmalli on ainoa malli, joka on yksiselitteisesti 3D-malli. [3, s.7]



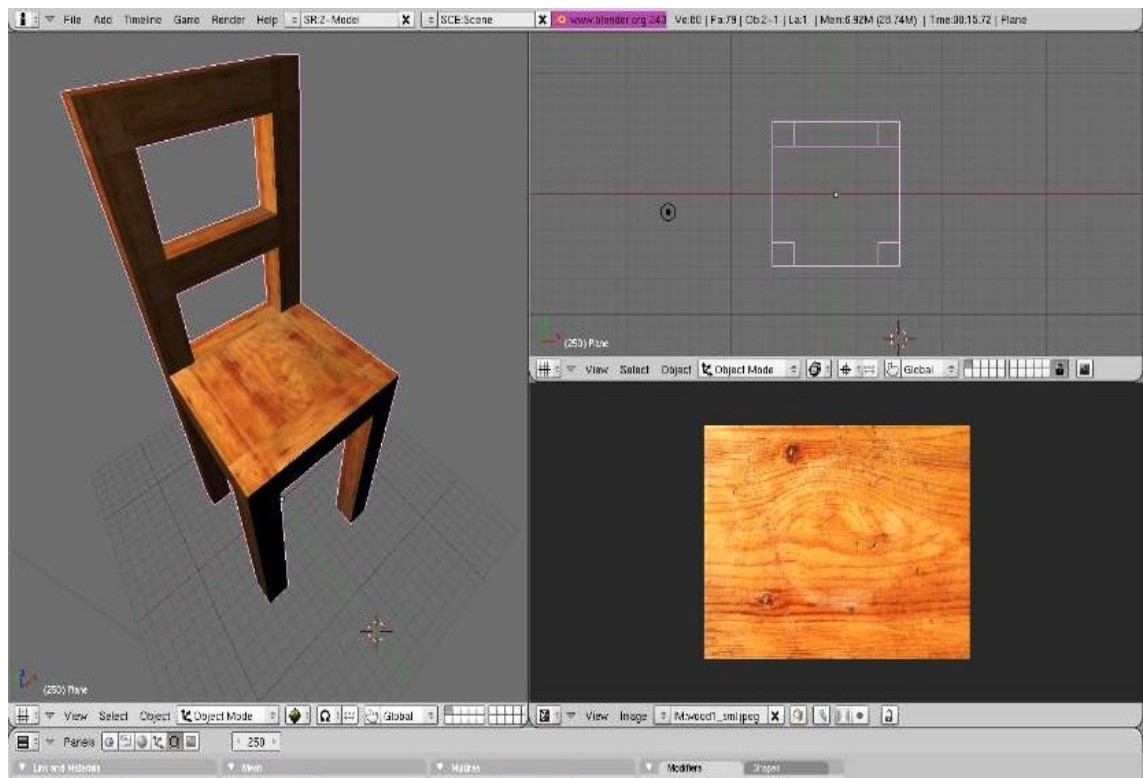
Kuva 2.1. Rautalankamalli, pintamalli ja tilavuusmalli havainnollistettuna

Vaatetta mallinnettaessa kappaleen tilavuus muodostuu ympärysmitoista ja kankaan paksuudesta. Jos kankaan tilavuus kuitenkin jätetään huomioimatta, vaate voidaan ajatella pintamalliksi, jonka sisällä on ihminen. Jotta kaikki tarvittava tieto saadaan esille, on vaate kuitenkin tarpeen mallintaa tilavuusmallina. Kehittyneimmissä sovelluksissa ihminen voidaan mallintaa erikseen ja ihmisen mallin päälle pukea vaatteen 3D-malli.

2.2 Teksturointi

Teksturoinnilla eli pintakuvioinnilla tarkoitetaan geometrisen mallin perusmuodon pinnoittamista. Tekstuurin avulla säädellään kappaleen väriä, pinnan epätasaisuuksia, heijastavuutta ja kappaleen läpinäkyvyyttä. Useimmiten pintaan lisätään bittikarttakuva, joka kuvaa mallin todellista pintaa. Mallinnetut kappaleet tarvitsevat tekstuurin, jotta ne näyttäisivät aidommilta. Pinnoittamisen voi tehdä käyttämällä 3D-ohjelmien omia teksturointiominaisuuksia, piirtämällä materiaalit itse jossain kuvankäsittelyohjelmassa, valokuvaamalla kappaleen aito pintamateriaali ja käyttämällä näitä valokuvia tekstuurin luomiseen. Tekstuuri voidaan myös konstruoida matemaattisena funktiona, ja esittää normaalina bittikarttataulukkona tai esimerkiksi Fourier-sarjoina. [4]

Kuvassa 2.2. on esimerkki 3D-ohjelmiston toiminnosta, jossa lisätään malliin tekstuuri jolla tuoli saadaan näyttämään puiselta. Mallin pintaan lisätään bittikarttakuva puupinnasta ja sen suunta ja koko määritellään erikseen.



Kuva 2.2. Kuvakaappaus ohjelmiston toiminnosta, jolla lisätään tekstuuri 3D-malliin [5]

Käytettävä tekstuuri on yleensä kaksiulotteinen bittikarttakuva, mutta se voi olla myös yksi- tai kolmiulotteinen. Vaatteita mallinnettaessa kankaan pintaan voidaan teksturoinnin avulla lisätä esimerkiksi painoprintti, logoja tai eri materiaalien ulkonäköä voidaan visualisoida siten että pehmeä samettinen pinta voidaan saada näyttämään realistiselta ja selkeästi erilaiselta kuin liukas satiinipinta

2.3 3D-suunnittelun avulla saavutettavat hyödyt

3D-suunnittelusta saatavat hyödyt voidaan jakaa karkeasti kahteen tyyppiin. Suoriksi hyödyiksi kutsutaan niitä seikkoja, joiden nopeutumiselle tai muuten parantumiselle on mahdollista laskea selkeä taloudellinen hyöty. Vaikeammin arvioitavissa olevista epäsuorista hyödyistä voidaan mainita esimerkiksi kyky reagoida nopeammin kilpailutilanteen kiristyessä tai lisääntynyt joustavuus yllättävissä tilanteissa. Kirjassa *Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu* [1, s.32] on listattu seuraavia 3D-suunnittelusta saavutettavia hyötyjä:

- Nopeampi suunnitteluprosessi
- Vähemmän suunnitteluvirheitä
- Vähemmän suunnitteluvirheistä johtuvia viivästyksiä tuotannossa
- Parempi muutosten hallinta
- Kerran luodun tiedon parempi hyödyntäminen
- Parantunut tiedon jakaminen
- Parempi visuaalisuus

Vaatetusteollisuuden käyttöön tarkoitetuissa 3D-ohjelmistoissa ensisijaisia hyötyjä ovat suunnittelu- ja mallitusprosessin nopeutuminen, parempi visuaalisuus ja sen kautta helpottunut tiedon jakaminen. Protomallikappaleiden määrän väheneminen on suurin konkreettinen etu.

2D-järjestelmässä muutoksen tekeminen edellyttää monien erilaisten piirustusten korjaamista ja tarkistamista uudelleen, mikä vaatii paljon aikaa ja vaivaa. Kuvien päivittäminen on myös erityisen virhealtis prosessi. 3D-malliin muutoksen tekeminen on paljon yksinkertaisempaa ja nopeampaa. Kolmiulotteisissa mallinnusjärjestelmissä kaikki mallin osat ovat yhteydessä toisiinsa. Kun 3D-malliin tehdään muutos, sen näkyy automaattisesti kaikissa kyseiseen malliin liittyvissä piirustuksissa ja kuvannoissa.

2.4 3D-teknologia vaatetusallalla

Kuten kaikissa CAD- ja CAM-järjestelmissä yleensä konkreettisimmin määriteltävissä olevat hyödyt 3D-ohjelmien käyttämisestä vaatetusalan yrityksessä liittyvät ajan säästämiseen. Mallikappaleiden määrä vähenee ja kommunikaatio prosessin kaikkien osapuolten välillä helpottuu kun voidaan tarkastella vaatetta kolmiulotteisesti mallin päällä heti alkuvaiheista lähtien.

3D-suunnittelun nopeus ei kuitenkaan ole täysin yksiselitteistä. Yksittäisen tuotteen suunnittelu voi viedä enemmän aikaa kuin perinteisin menetelmin ja varsinkin uuteen teknologiaan siirryttäessä aikaa kuluu kouluttautumiseen ja uuteen ohjelmiston totutteluun ja suunnittelu saattaa viedä jopa enemmän aikaa kun aiemmin. Suurin hyöty nopeudesta saadaan erilaisten tuoteperheiden suunnittelussa. Samasta mallista voidaan

nopeasti tuottaa uusia versioita erilaisella mitoituksella ja yksityiskohdilla. Jos vaatteen materiaali ja perusmuoto säilyvät samana, voidaan yksityiskohtien muutokset tehdä nopeasti ja visuaalinen kuva uudesta mallista saadaan helposti kaikkien nähtäväksi. Näin voidaan luoda helposti monia vaihtoehtoja, joista varsinaiseen mallistoon päätyvät mallit valitaan.

3D-mallinnusta ja visualisointia ei käytetä niin yleisesti vaatetuslallalla kuin muilla teollisuuden aloilla. Tekstiilimateriaalien erityispiirteet pehmeänä ja laskeutuvana kankaana on hankaloittanut automatisointia. Vaatteen valmistusta ei ole mahdollista täysin automatisoida millään CAM-menetelmällä, joten sitä edeltävien vaiheiden automatisointi on laahannut jäljessä muihin teollisuuden aloihin verrattuna. Kankaat ovat pehmeitä ja joustavia materiaaleja, minkä vuoksi niiden 3D-mallinnus on monimutkaisempaa kuin muilla teollisuuden aloilla käytettävien jäykkien materiaalien. Kankaiden 3D-mallinnusteknologia on kuitenkin kehittynyt paljon viime aikoina, joten myös vaatetuslallalla on alettu pikku hiljaa hyödyntää 3D-mallinnusta ja visualisointia entistä enemmän.

Vaatetuksen näkökulmasta 3D-suunnittelun ensisijaisiksi hyödyiksi voidaan nostaa parempi visuaalisuus ja parantunut tiedon jakaminen. Fyysisten protomallikappaleiden määrää kyetään vähentämään merkittävästi kun valmistuote voidaan nähdä 3D-mallina ennen kuin yhtään varsinaista fyysistä mallikappaletta on tehty. 3D-mallia voidaan kommentoida ja siihen voidaan tehdä muutoksia. Ensimmäinen fyysinen protomallikappale valmistetaan vasta kun yksimielisyys mallin lopullisesta ulkomuodosta ja yksityiskohdista on saavutettu. Myös selkeät suunnitteluvirheet kuten kaavoitusvirheet jäävät pois kun kaavat kootaan 3D-malliksi. Tämä hyöty voidaan osittain saavuttaa myös hyvällä 2D-kaavoitusohjelmistolla, jolla pystytään muun muassa tarkastamaan yhdistettävien saumojen kaaren pituudet. Muotolaskoksien ja muiden monimutkaisempien kaavoitusongelmien virheet nähdään kuitenkin vain 3D-mallista. Samoin selkeät istuvuusvirheet voidaan havaita helpommin jo ennen varsinaista protomallin valmistamista.

3 VAATETUSTEOLLISUUDEN CAD- JA CAM - JÄRJESTELMÄT

Koska tuotantoa ei voida täysin automatisoida, ovat työvoimakustannukset suuri menoerä vaatetusteollisuudessa. Suurin CAD- ja CAM -järjestelmien tuoma etu on tuotantoprosessin nopeutuminen. Tältä kannalta CAD ja CAM-järjestelmien suosio on loogista. Suunnittelu- ja tuotantoprosessin tehostuessa säästetään henkilökunnan työtunteja ja siten kustannuksia. CAD-järjestelmän avulla kaavojen sarjonta ja leikkuuasetelmien tekeminen on myös tarkempaa kuin perinteisin menetelmin. Ihmisen tekemät inhimilliset virheet jäävät myös pois, materiaalia säästyy ja prosessi nopeutuu.

Esimerkiksi leikkuuasetelmia suunniteltaessa pyritään aina mahdollisimman pieneen materiaalin hukkaprosenttiin, jolloin tehoprocenttia voidaan kasvattaa. Materiaalin hukkaprosentilla tarkoitetaan materiaalin käyttämättä jäänyttä osuutta leikkuusuunnitelmassa. Perinteisin menetelmin hukkaprosentti saadaan pienemmäksi, jos asetelmien tekemiseen käytetään riittävästi aikaa ja ammattitaitoa. CAD-järjestelmän avulla ohjeistetaan tietokone kokeilemaan mahdollisia vaihtoehtoja ja laskemaan niistä edullisin. Tietokone kokeilee tuhansia vaihtoehtoja siinä ajassa kuin ihminen yhden. Sarjatuotannossa jo muutaman senttimetrin säästö asetelman pituudessa tuo reilusti säästöjä, kun se kertautuu kankaan laakakerrosten määrässä.

Edellä mainitun esimerkin konkretisoi Amerikkalaisen Fire-Dex Suojavaatevalmistajan tuotantopäällikkö John Karban esityksessään Lectra World tapahtumassa Bordeaux'ssa syksyllä 2007. Aiemmin manuaalisin menetelmin tehdyissä asetelmissa kankaan kulutuksen hyötyprosentti vaihteli asetelmasta riippuen 70–80 %:n välillä. Diamino Fashion ohjelmiston avulla leikkuusuunnitelmien tehokkuusaste on saatu nousemaan jopa 89-92%. [6]Tämä tarkoittaa että materiaalihukkaa on saatu vähenemään jopa 20 %. Myös leikkuusuunnitelmien tarkkuus on kasvanut ja järjestelmä maksaa itsensä nopeasti takaisin. ”Yrityksemme ei enää ole yhtä riippuvainen hyvin koulutetuista työntekijöistä ja osaavien ihmisten löytäminen ei enää ole kasvun esteenä. Työntekijöiden vaihtuvuuden aiheuttama taloudellinen vahinko on pienentynyt merkittävästi.” [7] Työvoimakustannukset ovat suurin menoerä vaatetusteollisuudessa, joten CAD ja CAM-järjestelmien suosio on loogista.

3.1 CAD- ja CAM-järjestelmät vaatetusteollisuuden käytössä Suomessa

Suomessa vaatetusteollisuudessa on käytössä lähinnä Gerber Technologyn ja Lectran tarjoamia CAD- ja CAM- ratkaisuja. Gerber Technology on yksi Gerber Scientificin

neljästä yksiköstä ja sen pääkonttori sijaitsee USA:ssa. Gerber Technology valmistaa CAD ja CAM -ratkaisuja ompelevalle teollisuudelle. Gerberin automaattileikkureita on ollut markkinoilla jo vuodesta 1968. Nykyisin yritys tarjoaa automaattilaakaus- ja leikkuukoneiden lisäksi suunnittelu-, kaavoitus- ja asetteluohjelmistoja. Suomessa Gerber Technologyn edustajana ja maahantuojana toimii Lahtelainen ACG Nyström Oy.[8,9]

Lectra Finland Oy on ranskalaisen Lectra Inc:n Suomessa toimiva tytäryhtiö. Lectra on perustettu 1973 ja Suomen tytäryhtiö vuonna 1983. Lectra on yksi johtavista ohjelmistojen, automaattileikkureiden ja liitännäispalveluiden tuottajista tekstiili-, vaatetus- ja nahkateollisuudelle. Vuonna 2004 Lectra vahvisti osaamistaan ja laajensi markkinaosuuttaan ostamalla itselleen espanjalaisen Investronica Sistemas:n, kanadalaisen Lacet:n ja saksalaisen Humantec ohjelmistoyrityksen. [10] Suomessa Lectra sai Investronican mukana Suomessa paljon uusia asiakkaita. Lectran ohjelmistoratkaisut kattavat tuotteen koko tuotantoprosessin suunnittelusta valmistukseen ja myymälän esillepanoon asti. Investronican omien ohjelmistojen kehitys on lakannut ja Investronican asiakkaat ovat siirtyneet käyttämään Lectran sovelluksia. Eniten Suomessa on käytössä Modaris- kaavoitusohjelmistoa ja Diamino asetteluohjelmistoa.[11]

Edellä mainittujen Lectran ja Gerberin järjestelmien lisäksi on käytössä joitain pienempien ohjelmistoyritysten tuotteita. Fashion Team LT myy ja kouluttaa vaatetusalan kaavoitus-, suunnittelu- ja tuotehallinta-ohjelmistoja ja järjestää niiden käyttäjäkoulutuksia. Heidän edustamansa Saksalainen Grafis kaavoitusohjelma on ammattilaiskäyttöön tarkoitettu ja siitä löytyvät kaikkien yleisimpien kaavajärjestelmien mittataulukot. Ohjelmalla voidaan kuositella, sarjoa, digitoida ja laskea optimaalisimmat asetelmat leikkuuta varten. Grafis-järjestelmä on käytössä joissain ammattikouluissa ja pienissä vaatetusalan yrityksissä. [12] Grafis järjestelmään ei kuulu 3D-ohjelmistoa ja sen tärkein kilpailuvaltti on edullinen hinta. Fashion Team LT myy myös ProSketch&ProPainter-suunnitteluohjelmistoa, joka on ohjelmisto vaatteiden ja kangaskuosien suunnitteluun, teknisten kuvien piirtämiseen ja tuotteiden esityskuvien toteuttamiseen. Ohjelmisto soveltuu myös sisustussuunnitteluun ja se sisältää useita valmiita tuote- ja rakennekuvapohjia, jotka nopeuttavat työskentelyä.

Lukumäärällisesti mitattuna Suomen käytetyin kaavanpiirto-ohjelma on Amerikkalainen PatternMaker. Se on käytössä yli sadassa suomalaisessa peruskoulussa.[13] Ohjelmiston kehityksessä on ollut tiiviisti mukana suomalaissyntyinen juristi ja suunnittelija Leena Lähteenmäki. Ohjelmisto on käännetty suomenkielelle ja sen suomenkielisessä versiossa on käytetty pohjoismaista kaavanpiirtojärjestelmää. Myös ohjekirjoja ja koulutusmateriaalia on saatavissa suomenkielellä. PatternMakerin perusversio, jossa ei ole kuositeluominaisuuksia on ilmainen. Valmiiden kaavakokoelmista löytyvien kaavojen kuositeluun tarkoitettun PatternMaker Deluxin lisäksi ohjelmistosta on saatavissa kehittyneempi PatternMaker Home- ja sarjomisen mahdollistava ammattilaisversio PatternMaker Expert- sekä

leikkuun asettelusuunnitelmien tekoa varten teollisuusversio PatternMaker Marker-ohjelmistot.[14]

PatternMaker ohjelmiston amerikkalainen omistaja on ilmoittanut että PatternMaker on puhtaasti kaksiulotteinen ohjelmisto eikä suunnitelmia 3D-tekniikan hyödyntämiseen ole. [15] 3D-maailmaan siirtyminen vaatisi mittavia panostuksia tuotekehittelyyn. Valmistaja haluaa pitää tuotteensa kohtuuhintaisena, jolloin 3D-teknologian käyttö ei ole mahdollista.

Kuten jo aikaisemmin todettiin, kankaan pehmeän ja laskeutuvan luonteen ansiosta muilla teollisuuden aloilla sovellettavat CAM-järjestelmät eivät ole sovellettavissa vaatetusteollisuuteen. Robotiikkaa käytetään lähinnä kappaleiden kuljettamiseen työpisteestä toiseen. Vaatetusteollisuuden CAM-järjestelmistä yleisin on automaattinen laakaus- ja leikkuujärjestelmä. Järjestelmä koostuu useimmiten kaavojen asetteluohjelmistosta, laakaus- ja leikkuu pöydästä ja automaattileikkurista, joka leikkaa kaavanmukaiset kappaleet irti kankaasta asetelman mukaisesti. Automaattileikkureita on useita malleja. Optimaalisin leikkurimalli riippuen kangaslaadusta, jota leikataan ja leikattavien kappaleiden muodosta. Leikkurit voivat käyttää, joko tavallista puukkomaista veitsiterää, terävää rullaa tai laser-sädettä kankaan leikkaamiseen.

Myös digitointipöytä ja kaavaplotteri eli printteri voidaan lukea CAM laitteiksi. Digitointi on kätevä tapa siirtää vanhat paperikaavat CAD-järjestelmään työstettäväksi ja sarjottavaksi kaavanmuokkausohjelmistolla. Kaavaplotterin avulla ne voidaan tulostaa paperille leikkuuta varten, jos käytetään käsinleikkuumenetelmää. Jos käytössä on automaattinen leikkuujärjestelmä, tulostusvaihetta ei tarvita.

Uusimpana innovaationa CAM-laitteistojen saralla on digitaaliset tekstiiliprintterit. Niiden avulla voidaan printata suunniteltuja kuoseja suoraan kankaalle. Digitaaliprinttereissä käytetään painoväreinä yleensä joko reaktiivi- tai happovärejä. Uusimmat digitaaliprintterit hyödyntävät myös jossain määrin nanoteknologiaa. Kuvassa 3.1. on digitaaliprintteri, joka tulostaa kangasta, josta valmistetaan sisustustyynyjä asiakkaan toivomalla kuvalla.

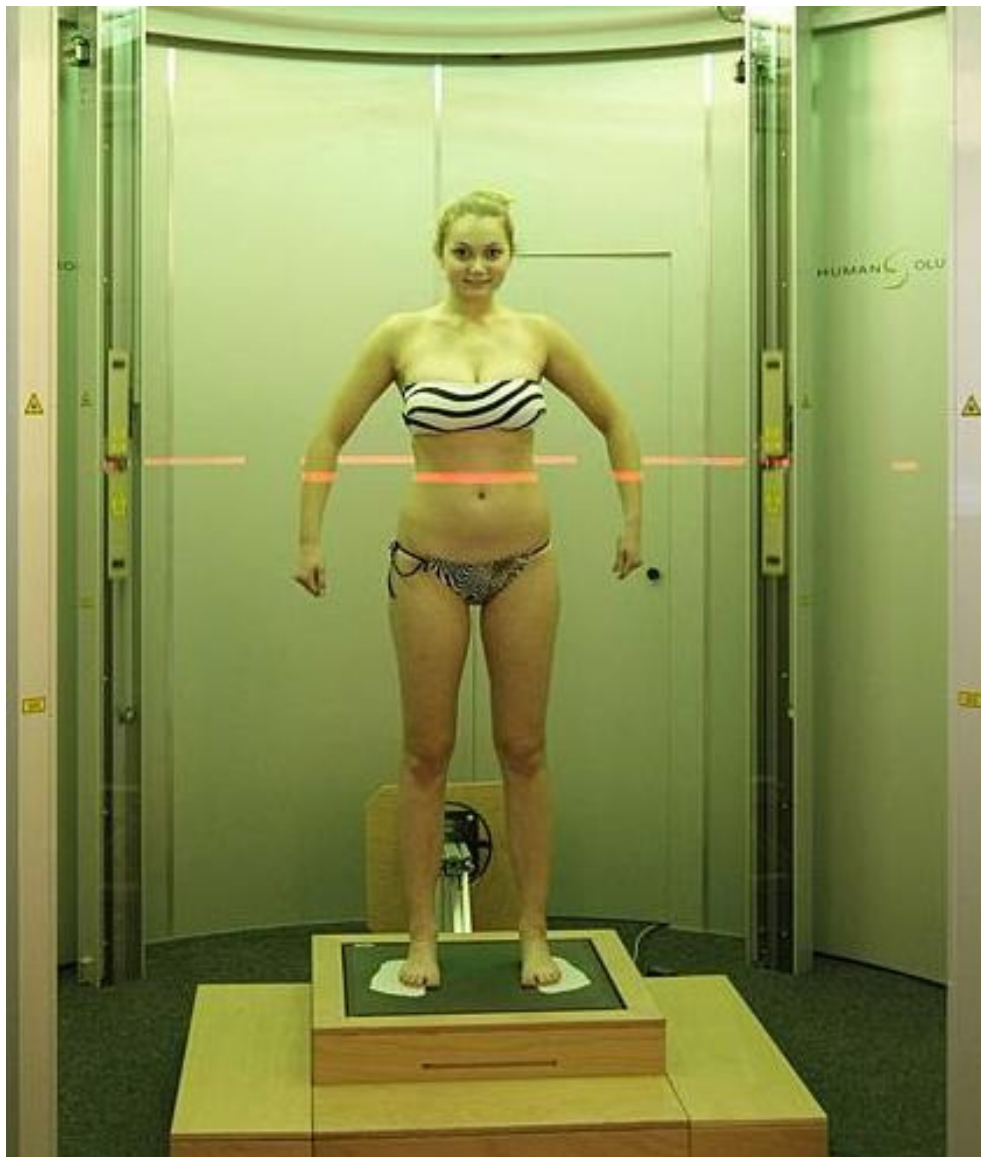


Kuva 3.1. *Digitaalinen tekstiiliprintteri [16]*

Digitaalisen tekstiiliprintterin avulla voidaan valmistaa pieniä tuotantomääriä joiden painokustannukset perinteisin menetelmin nousisivat liian kalliiksi. Se mahdollistaa myös prototyyppien ja mallikappaleiden tekemisen helposti ja nopeasti. Kuosisuunnitteluun digitaaliprintterien kehittyminen avaa paljon uusia mahdollisuuksia. Valokuvan tarkkaa painojälkeä olisi perinteisin menetelmin liian vaikea tai kallis valmistaa.

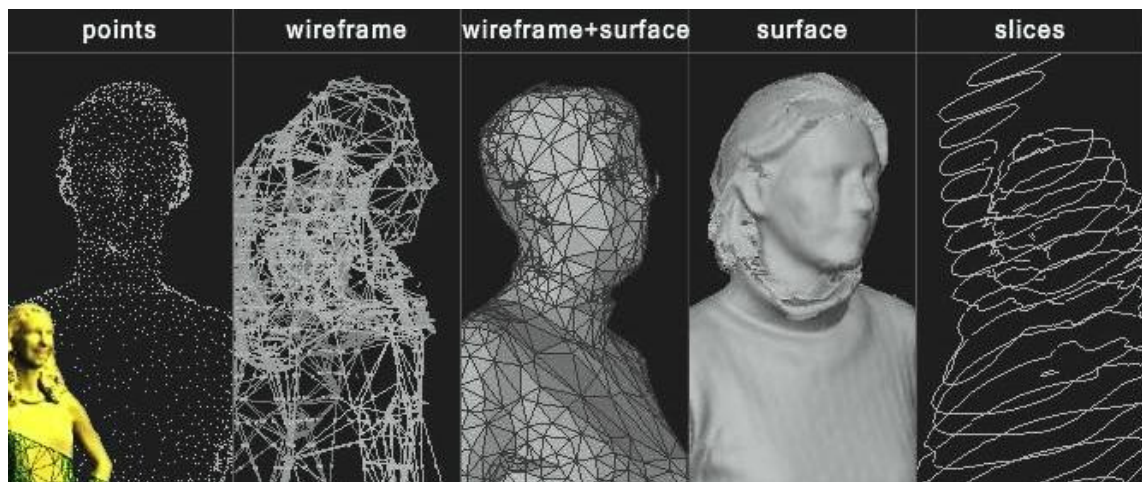
4 VARTALOSKANNAUS

Vartaloskannerilla kuvataan ihmiskehon pinta kolmiulotteisesti käyttämällä optista tekniikkaa yhdistettynä valoherkkiin laitteisiin. Mittaustilanteessa skannattavaan henkilöön ei synny fyysistä kontaktia. Muutaman sekunnin kestävä skannaus pystyy tuottamaan suuren määrän mittalukemia nopeasti ja tarkasti. Yleensä vartaloskannauslaitteistossa on 4-8 kameraa, joiden avulla se tallentaa satoja tuhansia pisteitä vartalosta. Yksi mahdollinen toteutus vartaloskannerilaitteistosta on esitetty kuvassa 4.1.



Kuva 4.1. Mittaustilanne vartaloskannerissa [17]

Kameroiden keräämä informaatio syötetään ohjelmistoon, joka muodostaa näiden pisteiden avulla 3-ulotteisen pistepilven, joka muokataan 3D-malliksi. Ensin ohjelmisto yhdistää pistepilven pisteet verkoksi ja luo pinnan pisteiden väliin. Seuraavassa vaiheessa ohjelmisto tasoittaa kolmioiden muodostaman pinnan, jolloin syntyy kolmiulotteinen malli skannatusta vartalosta. Viipaloimalla näin luotu 3-ulotteinen malli pieniin poikkileikkauksiin voidaan määrittää halutut ympärysmitat. Vartaloskannerilaitteiston kuvan muodostusta on havainnollistettu kuvassa 4.2.



Kuva 4.2. *Bodyskannerin toimintaperiaate kuvina [18]*

4.1 Massaräätälöinti

Vartaloskannausteknologia mahdollistaa vaatteiden valmistamisen asiakkaan mittojen mukaisesti tarkemmin ja nopeammin kuin perinteinen mittatilausprosessi. Skannauksen jälkeen mittatieto on valmiiksi digitaalisessa muodossa ja se on siirrettävissä CAD-järjestelmään, jolloin yksilöllisten kaavojen muokkaaminen käy nopeasti ja tehokkaasti.

Vartaloskannausjärjestelmä yhdistettynä automaattiseen leikkuujärjestelmään mahdollistaa tuotteen nopean räätälöinnin. Nopeus prosessissa mallistosta tuotteeksi on ratkaisevaa. Teknologia mahdollistaa mittojen mukaan tehtyjen vaatteiden valmistamisen lähes sarjatuotannon hinnalla.

4.1.1 E-tailor hanke

Vartaloskannereiden toimintaa ja hyödyntämismahdollisuuksia tutkittiin Euroopan komission tutkimuksen ja kehityksen viidennen puiteohjelman IST-ohjelmasta rahoitetussa e-tailor-hankkeessa. Hanke toteutettiin vuosituhanen vaihteessa ja ohjelmistopuolelta sen yhteistyökumppaneina oli Investronica Sistemas, Lectra, Human solutions ja Telmat Industrie.

E-tailor-hankkeen puitteissa kehitettiin muun muassa Eurooppalainen mittatietopankki European Anthropometric Database (EAD), jonka tavoitteena on yhtenäistää eurooppalaisia kokomerkintöjen kirjoja. Hankeen myötä kehitettiin myös monenlaisia ohjelmistoratkaisuja vartaloskannerilla hankitun mittatiedon

hyödyntämiseen. Hankkeen puitteissa kehitettiin muun muassa järjestelmäriippumatonta skannerin mittaustulosten analysointiohjelmistoa, muodon analysoimiseen ja virtuaalimallin muodostamiseen pelkkien mittaustulosten perustuvaa ohjelmistoa sekä kaavanmuokkausohjelmistoa, joka kykenisi tekemään muutokset peruskaavoihin automaattisesti skannerin antaman mittausdatan perusteella. Myös kolmiulotteisten vartalomallien pintaa paranneltiin virtuaalisovitukseen paremmin sopivaksi realistisemman tuloksen saamiseksi sekä kehitettiin ohjelmistoa virtuaalisovitukseen, vaatteiden simulointiin ja realististen animaatioiden tekoon. Näiden lisäksi tutkittiin virtuaalista kaupankäyntiä ja kehiteltiin integrointialustaa virtuaaliselle internetkaupalle sekä erilaisia älykortti-ratkaisuja mittatiedon säilyttämiseen ja helppoon hyödyntämiseen [19].

Osa tutkimuksesta vietiin myös konkreettiselle tasolle ulos laboratorioista. C&A tavaratalon lippulaivamyymälään Hampuriin asennettiin vuonna 2001 yhteistyössä e-tailor-projektin ja Human Solutionsin kanssa 3D-vartaloskanneri. E-tailor-hankkeen puitteissa kehitettiin käyttöliittymä ja palvelukonsepti mittatilauspuvuille, -takeille ja -housuille kattaen koko tuotantoketjun mittojen skannaamisesta ja tilauksen tekemisestä aina 4 viikon päästä tapahtuvaan tuotteiden toimittamiseen. C&A kertoo että projektin avulla heillä oli mahdollisuus tutustua uuteen teknologiaan ja kehittää tuotantoketjua mittatilausvaatteille. [20] E-tailor projektin yhteistyökumppani C & A on perustettu jo vuonna 1841 ja se toimii tällä hetkellä 19 eri maassa Euroopassa ja yhtiöllä on noin 134 000 työntekijää.[21]

Toinen tärkeä yhteistyökumppani projektille oli espanjalainen Induyco Industrias y Confecciones, S.A. Induyco on perustettu 1955 Madridissa ja on Euroopan suurimpia työ- ja suojavaatteiden valmistajia. Sen asiakkaina ovat muun muassa puolustusministeriöt ja sotilaat monesta eri Euroopan maasta. [22] E-tailor hankkeen puitteissa kehitettiin Induycon mittatilausvaatteiden palvelukonseptia ja optimoitiin tuotantoketjua kustannusten minimoimiseksi. Hankkeen puitteissa luotiin internetpohjainen katalogi ja integroitiin mittatilausjärjestelmä osaksi yrityksen toiminnanohjausjärjestelmää. [19]

4.1.2 Massaräätälöinnin kaupalliset toteutukset

Vartalon mittaaminen kolmiulotteisesti vartaloskannerilla ja mittapukujen valmistaminen yksilöllisesti on jo yleistynyt Euroopassa. Mahdollisuutta massaräätälöintiin ja vartaloskannerin hyödyntämiseen tarjoaa muun muassa Kölnissä sijaitseva Weingarten-tavaratalo. Tavaratalossa on kattava erikoiskokojen osasto, josta löytyy kokoja pitkille, lyhyille ja isokokoisille. Erikoiskokoisten valmisvaatteiden lisäksi tavaratalosta on mahdollista tilata mittatilauspuku, jolloin asiakkaan mitat otetaan bodyskannerin avulla. Miehillä tarjolla on saksalaisen Odermark-tehtaan mittatilauspukuja ja naisille italialaisen valmistajan malleja.

Kun asiakas tulee mittatilausosastolle, hän tutustuu mallivalikoimaan ja tarjolla oleviin materiaaleihin. Mittaosaston myyntineuvottelijat syöttävät asiakkaan perustiedot tilausjärjestelmään. Tämän jälkeen asiakas mitataan vartaloskannerilaitteella.

Weingarten käyttää Vitus Smart 3D Bodyscanner-laitteistoa. Skannaus kestää noin 15 sekuntia, ja noin puolen minuutin kuluttua mitat ja henkilön kolmiulotteinen kuva ovat valmiina liitettäväksi tilaustietoihin. Mittauksen jälkeen asiakas sovittaa omaa kokoaan lähinnä olevaa valmista pukua, jotta nähdään miten malli ja koko sopivat. Sovituksen perusteella tilaukseen on mahdollista lisätä mallia ja sovitusta koskevia huomautuksia. Mallin valinnan ja mittauksen jälkeen tilaus on valmis lähetettäväksi sähköisesti valmistajalle. Myös Weingartenissa mittatilauspukujen toimitusaika on noin neljä viikkoa.

Suomessa kolmiulotteista vartaloskannausta on testattu vain pienimuotoisesti Kokkolan ammattikorkeakoulun organisoiman 3D-Bodyskannauksen soveltaminen tekstiili, vaatetus- ja venealoilla-hankkeen puitteissa. Hankkeen Tekes-rahoituksen myötä hankittiin Suomeen vuonna 2006 ensimmäinen vartaloskannauslaitteisto ja sen käyttöön tarvittavat ohjelmistot. Skannerissa on kahdeksan CCD-kameraa ja heikko 1-luokkaan kuuluva lasersäde, jonka avulla se muodostaa mitattavasta kohteesta kolmiulotteisen pisteverkon, jonka resoluutio on noin 4-5 millimetriä. Järjestelmä koostuu seuraavista osista: Vitus Smart Bodyscanner, skannerin kalibrointiyksikkö sekä ohjaava työasema, Scanworks-skannausohjelmistot, Lectra Fitnet-mittatilausjärjestelmä ja Lectra Modaris-kaavaohjelmisto.[23]

Skannausteknologiaa on Suomessa kaupallisessa käytössä jalkine-teollisuudessa. LeftFoot Company tarjoaa massaräätälöityjä nahkakengiä miehille. ”Skanneri kuvaa jalat kolmiulotteisesti skannaussukkien ja 3D-tekniikan avulla. 3D-kuvasta otetaan 15 eri mittaa tarkempaan analyysiin. Näin lopullinen kenkä istuu jalkaan mahdollisimman hyvin. Yhdistämällä tietokoneavusteinen suunnittelu, jalan 3D-skannaus, tietokoneohjatut leikkuujärjestelmät sekä automatisoitu toiminnanohjausjärjestelmä on räätälöidyt kengät mahdollista valmistaa teollisesti.”[24]

4.2 Virtuaalisovitus sopivimman koon löytämiseksi

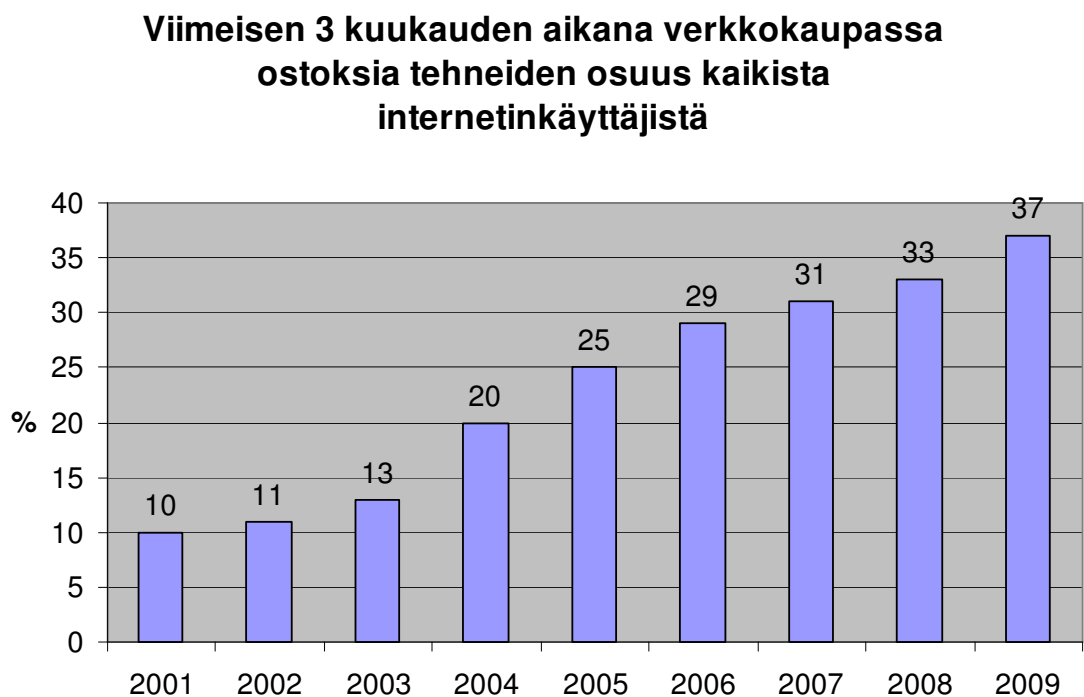
Useimpiin vartaloskannereihin on saatavilla myös ohjelma, jolla voidaan verrata asiakkaan mittoja myytävien vaatteiden mittoihin. Vartaloskannereita on jo vuodesta 2004 lähtien ollut käytössä esimerkiksi amerikkalaisissa ja englantilaisissa farkkuja myyvissä liikkeissä, joissa vartaloskannauksen avulla voidaan löytää helposti ja nopeasti ihmiselle sopiva koko, mikä vähentää merkittävästi farkkujen sovituskertojen määrää.[25] Tavaratalot ja vaatemyymälät pystyvät tarjoamaan asiakkaille helpomman ja mukavamman ostokokemuksen. Asiakkaille voidaan tarjota vaihtoehto tuskastuttavalle ”sovitusrumballe”. Myös kiireisten myyjien työn helpottaminen ja osittainen vapauttaminen muihin tehtäviin, on iso etu.

Virtuaalisovitusjärjestelmää on testattu Helsingin messukeskuksessa järjestetyillä moottoripyörämessuilla vuonna 2007. Rukka Oy tarjosi osastollaan kävijöille mahdollisuuden henkilökohtaiseen vartaloskannaukseen yhteistyössä Keski-Pohjanmaan Ammattikorkeakoulun kanssa. Itsensä kävi mittaauttamassa yli sata potentiaalista asiakasta ajoasun hankkijaa. Näyttelyssä sopivan pukukoon valintaan

käytettiin Human Solutionsin rakentamaa Xfit-järjestelmää. Ohjelmisto on alun perin kehitetty univormuja ja työvaatteita käyttävien yritysten tarpeisiin. Järjestelmään tallennettiin runsaasti tuotekohtaista mitoitusinformaatiota, ja malliston suunnittelun pohjana olleet perusmittataulukot. Vertaamalla skannatun kehon mittoja näihin tietoihin voitiin messuilta skannatuille henkilöille tarjota kotiin viemiseksi tuloste, jossa oli asiakkaan oma kuva ja henkilökohtaiset mitat ja tieto sopivimmasta pukukoosta. Messukävijät olivat aidosti kiinnostuneita automaattisen mittauksen tuomista mahdollisuuksista. Monet testaajista odottivat innokkaasti mittatilaustuotteiden saapumista ajopukumallistoihin. [26, 27]

4.3 Sähköinen kaupankäynti

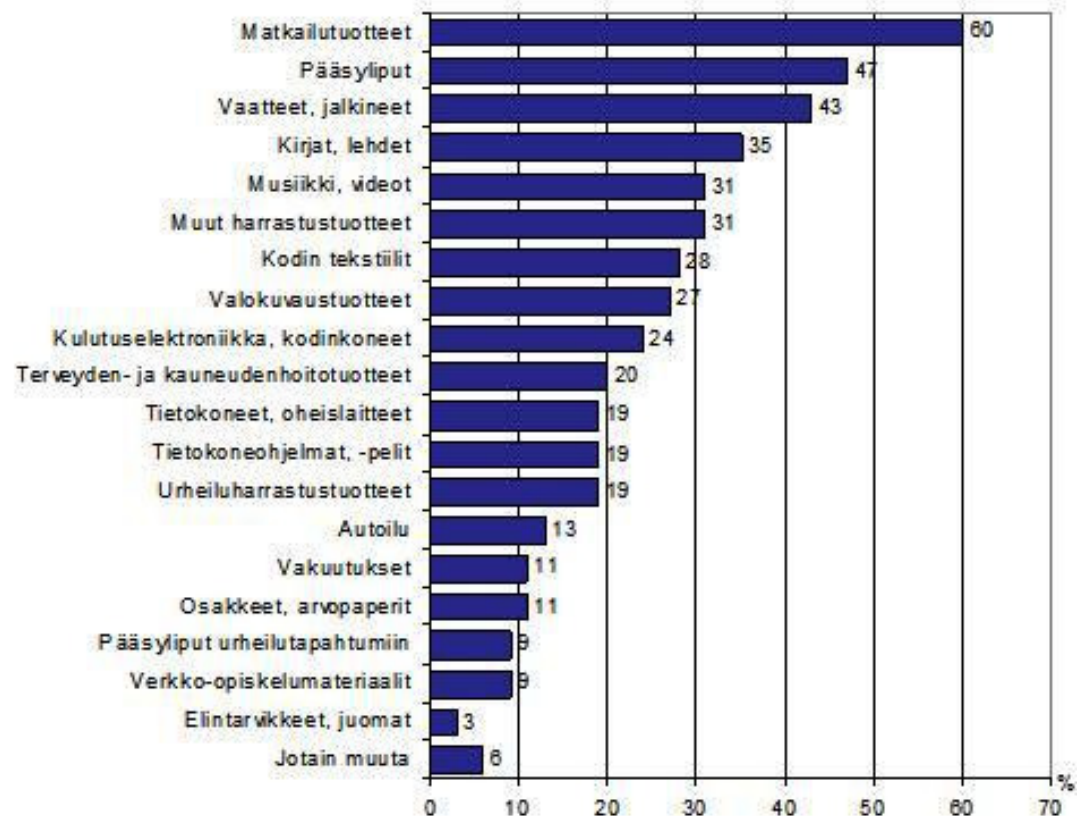
Myynnin ja markkinoinnin näkökulmasta mielenkiintoisin mahdollisuus on 3D-tekniologian hyödyntäminen internetin välityksellä tapahtuvan kaupankäynnin apuna. Tilastokeskuksen Tieto- ja viestintätekniikan käyttötutkimusta varten kerättyjen tietojen mukaan internetin kautta ostoksia tehneiden määrä on yli kolminkertaistunut vuodesta 2002 vuoteen 2009 mennessä ja odotusten mukaan kasvu jatkuu myös tulevina vuosina.[28] Kuvassa 4.3. nähdään internetissä ostoksia tehneiden määrän kasvu prosentteina vuodesta 2001 vuoteen 2009.



Kuva 4.3 Viimeisen 3 kuukauden aikana verkkokaupassa ostoksia tehneiden osuus kaikista internetin käyttäjistä [28]

Vaatteiden ja kenkien osuus kaikesta internetissä tapahtuvasta kaupankäynnistä on suuri. Kuvasta 4.4. voimme todeta että tuoteryhmittäin verkon kautta ostetuimmiksi tuotteiksi nousevat matkailutuotteet ja pääsyliput. Tilastokeskuksen mukaan vaatteita ja kenkiä on ostanut 43 % verkkokaupassa ostoksia tehneistä internetin käyttäjistä [29].

Verkkokauppa tuoteryhmittäin keväällä 2008, prosenttia kaikista ostajista, jotka tehneet verkkohankintoja



Kuva 4.4 Suosituimmat verkkokaupan kautta tehdyt ostokset tuoteryhmittäin [29]

Itellan vuonna 2008 tekemän verkkokauppatutkimuksen mukaan tyypillisimpiä verkko-ostoksia ovat kirjat ja lehdet, joita ilmoitti ostaneensa 70 % vastaajista. Vaatteiden ja kenkien osuus on vielä suurempi kuin tilastokeskuksen tiedot osoittavat. Itellan tutkimuksen mukaan 63 % internetissä ostoksia tehneistä on ostanut vaatteita ja kenkiä verkkokaupasta. [30]

Internetin kautta tapahtuva kaupanteko on etämyyntiä. Etämyynti on kaupankäyntiä, jossa myyjä ja ostaja eivät ole yhtä aikaa paikalla. Verkkokauppaa koskevat kuluttajansuojalain etämyyntisäännökset. Kuluttajalla on 14 vuorokauden palautusoikeus ostamalleen tuotteelle. Tähän asti suurin haaste vaatteiden verkkokaupankäynnissä on ollut sopivan koon valinta. Vääriä valintoja tapahtuu paljon ja ne johtavat kalliisiin palautuksiin. Smilehouse-yrityksen vuonna 2009 tekemän kuluttajakyselyn mukaan ”tyypillisin syy verkkokaupasta ostetun tuotteen

palauttamiseen on tuotteen epäsopivuus, esimerkiksi vaateen koko (67 %). Palautuksista vain 15 % on johtunut tuotteen viallisuudesta ja 5 % siitä, että toimitettu tuote on ollut väärä. Huonojen tuotekuvien tai -kuvausten takia ostoksen on palauttanut 8 % eli lähes joka kymmenes verkko-ostoksiaan palauttanut kuluttaja.” [31]

Turhista palautuksista aiheutuvat kustannukset ovat merkittävä menoerä, joka on helposti vältettävissä jos asiakas ohjataan mittauttamaan itsensä vartaloskannerilla ja saatua mittatietoa hyödynnetään verkkokaupassa. Asiakkaan tiedot voidaan tallentaa valmiiksi tietokantaan, jolloin hänen kirjautuessaan sisään kauppaan, kokotiedot ovat valmiina. Tällöin asiakkaalle voidaan verkkokaupassa ehdottaa oikeita kokoja samalla tavalla kuin vartaloskannerilla varustetussa myymälässäkin. Sopivimman koon ehdotuksien lisäksi asiakkaalle voidaan tarjota myös mahdollisuus sovittaa vaatteita virtuaalisesti. Jos käytetään vartaloskannauksella tuotettua realistista virtuaalimallia, asiakas voi itse nähdä, miltä asukokonaisuudet näyttävät hänen päällään ja tarkastella eri kokojen istuvuutta.

Vaikka 3D-mallinnus ja virtuaalisovitus eivät anna täysin samaa tietoa vaatteesta kuin oikea päälle sovittaminen, on se kuitenkin suuri edistysaskel verrattuna useimpien verkkokauppojen nykyiseen järjestelmään, jossa oikean koko määrittämään vertaamalla asiakkaan mittoja sivuilta löytyvään kokotaulukkoon. Asiakkaan on vaikea ottaa mittoja itseltään ja oikean kohdan määrittäminen on maallikolle vaikeaa. Virheiden mahdollisuus on suuri. Koon määrittäminen voi epäonnistua ja se johtaa väärään valintaan ja huonoon istuvuuteen. Näiltä ongelmilta vältetään jos mitat on otettu vartaloskannerilla.

Itellan vuonna 2008 tekemän verkkokauppatutkimuksen mukaan ”*Kaikkein olennaisin asia asiakastyytyvyyden ja verkkokauppaan palaamisen kannalta on kuitenkin sekä miehille että naisille se, että ensimmäisestä ostosmatkasta jäi myönteinen kuva.*” [30] Ostotapahtuman tulee olla miellyttävä ja valitun koon pitää olla oikea. Vaateen tai vaatekokonaisuuden tulee toteuttaa se mielikuva, joka asiakkaalla oli ostopäätöstä tehdessään. Tässä virtuaalisovitus on erinomainen apukeino ja sen avulla voidaan päästä hyviin tuloksiin.

4.4 Vartaloskannauksen käyttöönottoon liittyviä ongelmia

Vaikka kolmiulotteinen vartaloskannaus on jo kehittynyt hurjasti ensimmäisistä laitteistoista, sen laajempi käyttöönotto on toistaiseksi ollut hankalaa tiettyjen ongelmien takia. Ongelmana ovat esimerkiksi vartalon piilossa olevat kohdat, joita skannauskamera ei aina pysty kuvaamaan, kuten kainalot, rintojen ja leuan alle jäävä alue ja haarat. Kun skannataan vartaloa, mallin on oltava täysin paikoillaan. Kuitenkin ihmisen mitat saattavat vaihdella hengittäessä, vartalon vähäisessä keinumisessa ja muissa vartalon liikkeissä. Myös hiukset saattavat aiheuttaa skannaustuloksessa ongelmia, koska hiusten pinta heijastaa skannauksen säteet ja muutenkin skannattava pinta muuttuu tällöin paljon monimutkaisemmaksi.[32]

Kameroiden mittausininformaatiota hyödyntävien ohjelmistojen välillä on myös eroja, jotka vaikuttavat mittojen tarkkuuteen. Mitat saattavat keskittyä enemmän jollekin tietylle vartalon osa-alueelle, jolloin muut osa-alueet saattavat jäädä huomiotta ja täten heikommalle tarkkuusasteelle. Ohjelmien välillä on myös eroja mittapisteiden välillä ja ne eivät aina ole samat eri ohjelmistojen välillä. Jos mittapisteitä joutuu merkitsemään skannattavan ihmisen vartaloon, saattaa se vähentää vartaloskannauksen nopeudesta saatavaa hyötyä. Kolmiulotteisen vartaloskannauksen vaatimat ohjelmat voivat myös aiheuttaa käyttäjälleen hankaluuksia. Ohjelmistojen käyttö saattaa olla haastavaa ja erilaisia yhteensopivuusongelmia ilmenee usein. Erityisesti eri tiedostomuodot tuottavat hankaluuksia. Tietokoneohjelmiston täytyy siis olla yhteensopiva skannerin kanssa eli sen täytyy kyetä käsittelemään kyseisen skannerin tuottama tieto.[32]

Yksi merkittävä syy CAD- ja CAM-järjestelmien ja erityisesti 3D-teknologian minimaaliseen käyttöön vaateusteollisuudessa on sen korkea hinta. Ammattikäyttöön tarkoitettujen ohjelmistojen kehitykseen on kulunut valtavasti aikaa ja hinta on sen vuoksi kallis. Ohjelmistot voivat myös olla monimutkaisia käyttää ja ilman perusteellista ja kallista käyttökoulutusta on vaikea saada irti maksimaalinen hyöty ohjelmistoista. Yleisin CAM-järjestelmä automaattinen laaka- ja leikkuujärjestelmä voi maksaa yli 200 000 euroa ja se on valtava investointi. On siis oltava hyvin tarkat laskelmat kuinka sijoitettu pääoma saadaan takaisin. Suomen vaateusteollisuus kilpailee laadulla ja erityisosaamisella eivätkä tuotettavat määrät ole kovin suuria. Suomessa toimivilla yrityksillä ei siis ole tarvetta työskennellä kahdessa tai kolmessa vuorossa, jolloin sijoitetusta pääomasta saatu hyöty ei nouse niin suureksi ja investoinnin takaisin maksuun kuluu kauemmin aikaa.

3D-teknologiaa hyödynnettäessä tietokoneiden tulee olla tehokkaita, jotta ohjelmiston kaikki edut saadaan käyttöön. Tehokkuusvaatimuksen myötä uusien tietokoneiden hinnat ovat myös korkeampia kuin tavallisten toimistokäyttöön tarkoitettujen tietokoneiden. Myös tietokoneen näytön on syytä olla iso ja laadukas, jotta saadaan ohjelmiston ominaisuuksista kaikki irti. Myös ohjelmistojen ylläpitoon tulee varata rahaa. Kallis investointi on aina sijoitus tulevaisuuteen. On järkevää pysyä ohjelmistojen versiokehityksessä mukana ja päästä hyödyntämään uusia ominaisuuksia. Versiokehitys voi tarjota myös mahdollisuuden päästä mukaan tuotekehitykseen ja saada ohjelmaan omiin tarkoituksiin räätälöityjä ominaisuuksia. Usein nämä räätälöidyt ominaisuudet siirtyvät myöhemmin kaikkien ohjelmiston käyttäjien hyödynnettäviksi.

5 3D-SUUNNITTELUOHJELMISTOT

Monen suomalaisen vaatesuunnittelijan jokapäiväisessä käytössä oleva ohjelmisto ei varsinaisesti ole tarkoitettu vaatesuunnittelijan käyttöön. Yleisessä käytössä ovat graafiseen suunnitteluun tarkoitettut piirrostyökalut Adobe Illustrator, Macromedia Freehand ja Corel Draw sekä kuvankäsittelyohjelmisto Photoshop.[11] Adobe osti Macromedian vuonna 2005 ja Adobe on ilmoittanut, ettei se tule enää julkaisemaan uusia versioita Freehandista, joten sen suosio tuskin ainakaan kasvaa tulevaisuudessa. Illustrator, Freehand ja CorelDraw ovat kaikki vektorigraafisia ohjelmistoja. Vektorigrafiikka on skaalautuvaa ja käyttää myös tallennustilaa säästeliäästi, sillä kuvan tallennuskoko riippuu kuvan yksityiskohtien määrästä pikselimäärän sijaan

Näiden yleisesti käytössä olevien suunnittelutyökalujen lisäksi on olemassa monia ammattimaiseen vaatesuunnitteluun tarkoitettuja ohjelmistoja. Näissä ohjelmistoissa on piirrostyökalujen lisäksi erilaisia toimintoja tai jopa erillisiä moduuleita neulosten, kudottujen kankaiden ja painoprinttien suunnitteluun. Tärkeitä ominaisuuksia ovat myös erilaiset värien hallintatyökalut. Monesta ohjelmistosta löytyy erillinen kirjasto, jossa on erilaisia valmiita vaatteiden malleja tai muita yksityiskohtia, joita voidaan muokata.

Tuotteiden erittely ja luokittelu, mikä on varsinaisesti suunnitteluohjelmisto on hankalaa. Jokainen toimittaja on koonnut ohjelmistonsa erilaisiin moduuleihin, joita voi hankkia erikseen tai yhdessä. Osassa ohjelmistoja suunnittelutyökalut ovat erillisinä moduuleina ja osassa ne kuuluvat kaikki samaan pakettiin.

Tässä työssä esitellään suunnitteluohjelmistoista Lectran Kaledo tuoteperhe, Browzwearin Vstyler-ohjelmisto ja Optitexin 3D Runway designer kokonaisuuteen kuuluva 3D flattening-moduuli. Lectran Kaledo ei ole varsinaisesti 3D-suunnitteluohjelmisto mutta yhdistettynä Modaris 3D Fit-ohjelmistoon se pystyy samoihin toimintoihin kuin muut ohjelmistot. Gerberillä ei ole 3D-ohjelmistoa vaatetuksen käyttöön mutta kuosisuunnittelu ja muut vaatetuksen 2D-maailman työkalut löytyvät ohjelmasta Vision Fashion Studio. Gerberin 3D direct on tarkoitettu muiden teollisuuden alojen komponenttisuunnittelun, eikä sitä voi käyttää vaatesuunnitteluun.

5.1 Lectra Kaledo Style ja Kaledo 3D Trend

Lectran suunnittelutyökalujen sarja tunnetaan nimellä Kaledo Style. Tuoteperheeseen on saatavissa kolme erilaista moduulia riippuen asiakkaan tarpeista. Kaledo Knit on työkalu neulossuunnitteluun, Kaledo Weave kudottujen kankaiden suunnitteluun ja Kaledo Print painokankaiden suunnitteluun. Kaledo tuoteperhettä rakennettaessa on hyödynnetty pohjana PrimaVision- ja U4ia- ohjelmistojen parhaita puolia. Nämä

kummatkin ohjelmistot ovat siirtyneet Lectralle yritysostojen myötä. Kaledo yhdistää vektori- ja pikseligrafiikkaa. Vektorigrafiikalla luotujen vaatteiden päälle pinnoitetaan kankaan visuaalinen kuva pikseligrafiikan kuvilla. Erityisesti värien hallinta on Kaledossa erinomainen, perustuen juuri PrimaVisionin aikaiseen pohjaan. Värienhallinta on järjestelmä, jolla varmistetaan, että värisisältö näkyy tyydyttävästi kaikkialla, kuten näytöllä, tulostimessa ja lopullisessa tuotteessa. Kaledon värinhallintajärjestelmä pohjaa Pantone-värijärjestelmään

Kaledon mallistosuunnitteluun avuksi tarkoitettu erikoisuus on Kaledo Collection ohjelmisto, jonka alle kaikki suunnittelutyökalut voidaan koota. Sen erikoisuus on tietokantarakenne, jonka avulla malliston hallinta on entistä helpompaa. Jos tehdään muutos painokuosin väriytykseen se päivittyy automaattisesti kaikkialle missä kyseistä kuosia on käytetty eli siis mallistokatalogeihin, tehtaan ohjeisiin, markkinointimateriaaleihin ja kaikkiin muihin havainnollistaviin kuviin ja dokumentteihin. Muutos on nähtävissä heti kaikkialla missä kuvaa on käytetty, riippumatta maantieteellisestä sijainnista. Kaikilla osapuolilla on ajantasainen tieto koko ajan. Näin inhimillisten unohdusten ja muiden virheiden määrä minimoituu ja mallistosuunnittelu nopeutuu entisestään. Suunnittelijoiden on helpompi keskittyä itse suunnitteluun eikä tiedonsiirtomenetelmiin liittyvien ongelmien ratkomiseen.

Kaledossa on mahdollista visualisoida tekstuureja 3D-muodossa ja siinä on joitain kolmiulotteisia piirteitä mutta ei kuitenkaan varsinaista mahdollisuutta suunnitella kolmiulotteisesti. Kaledo 3D Trend mahdollistaa kolmiulotteisten leikekirjojen ja portfolioiden luomisen. Sen avulla on helppo yhdistää skannattuja materiaaleja, käsin piirrettyjä luonnoksia ja niille voidaan luoda kolmiulotteisia taustoja kuten kuvassa 5.1. Varsinaiset 3D-työkalut ovat Modaris 3D Fit-ohjelmistossa.



Kuva 5.1. Esimerkki Kaledo Trend-ohjelmiston avulla tehdystä portfolioista.

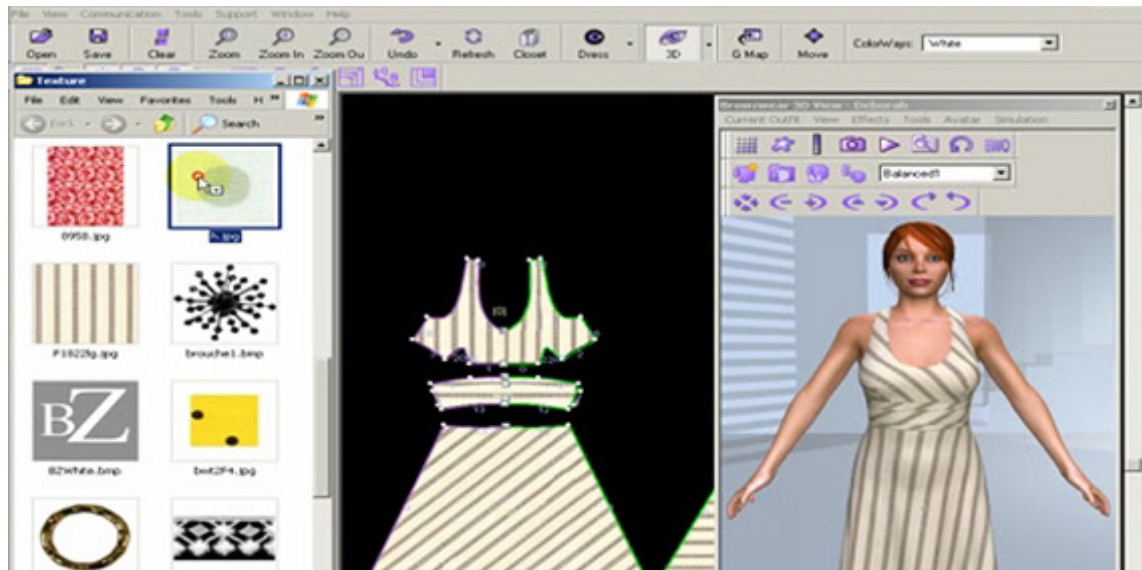
Lectra painottaa Kaledon avulla saavutettavaa ajansäästöä ja toiminnan tehostumista ensisijaisena hyötynään. Suunnittelijoiden aikaa säästyy kun mallistorakenne voidaan rakentaa alusta lähtien järkevästi ja oikein, jolloin tiedostot löytyvät helposti ja nopeasti. Jos mallistossa on useita samankaltaisia tuotteita, esimerkiksi tietyllä painokuosilla erilaisia tuotteita, näiden käsitteleminen yhtenä kokonaisuutena helpottuu tietokantarakenteen ansiosta merkittävästi. Kaledon avulla on mahdollista suunnitella enemmän ja jakaa luonnokset nopeasti globaaliin toimintaympäristöön. Myös aiempien vuosien mallistoja luodessa syntyneet, sittemmin hylätyt ideat ovat nyt käytettävissä helposti uuden malliston suunnittelun apuna.

5.2 Browzwear VStyler™

Browzwear Ltd on perustettu vuonna 1999 ja sen pääkonttori sijaitsee Tel-Avivissa Israelissa. Yhtiön keskittyy täysin vaatetusteollisuuden tarpeisiin. VStyler:n tuotekehityksessä on ollut alusta asti mukana erilaiset 3D-teknologian luomat mahdollisuudet. [33]

Browzwearin Vstyler on suunnittelijan työkalu, jonka avulla suunnittelijalla on mahdollisuus nähdä ideansa realistisena vaatteen simulaationa nopeasti ja tehokkaasti. Ohjelmiston avulla suunnittelija voi helposti leikkiä värien ja printtien kanssa ja luoda ideasta useita erilaisia vaihtoehtoja. Kokonaan uuden vaatteen suunnitteleminen ei onnistu, mutta ohjelmisto sisältää kattavan kokoelman vaatteiden malleja, joita voidaan muokata ja joihin uusia ideoita voidaan soveltaa.

VStyler:n avulla yhteistyö ostajien, toimittajien, tai jopa asiakkaan kanssa helpottuu. Realistinen 3D-malli helpottaa valmiin tuotteen visualisointi ja mahdollistaa kaikkien osapuolten mielipiteen kuulemisen jo tuotteen suunnittelun alkuvaiheessa. VStyler:ssa on myös mahdollista muokata 3D-mallin kuvakulmaa helposti ja malliin voidaan lisätä kommentteja ja korjausehdotuksia. Browzwearin VStyler-ohjelmistosta on saatavana standard- ja professional-versiot. Professional-versiossa on paremmat työkalut kommunikointiin ulkopuolisten yhteistyökumppanien kanssa. Kuvassa 5.2. nähdään kuvakaappaus ohjelmiston toiminnosta, jonka avulla voidaan havainnollistaa kankaan printin asettumista valmiiseen vaatteeseen.



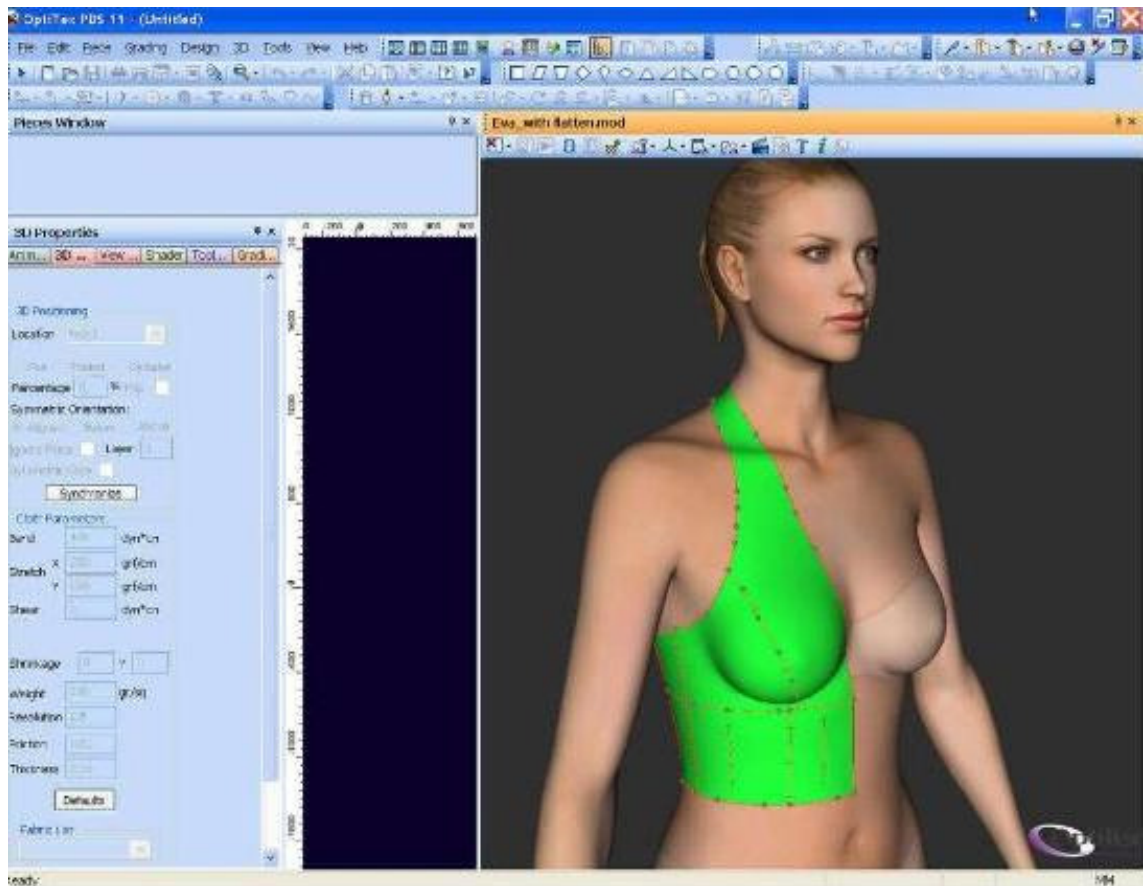
Kuva 5.2. Kuvakaappaus Browzwearin VStyler ohjelmistosta

5.3 Optitex C-DESIGN Fashion ja 3D Runway Designer 3D flattening

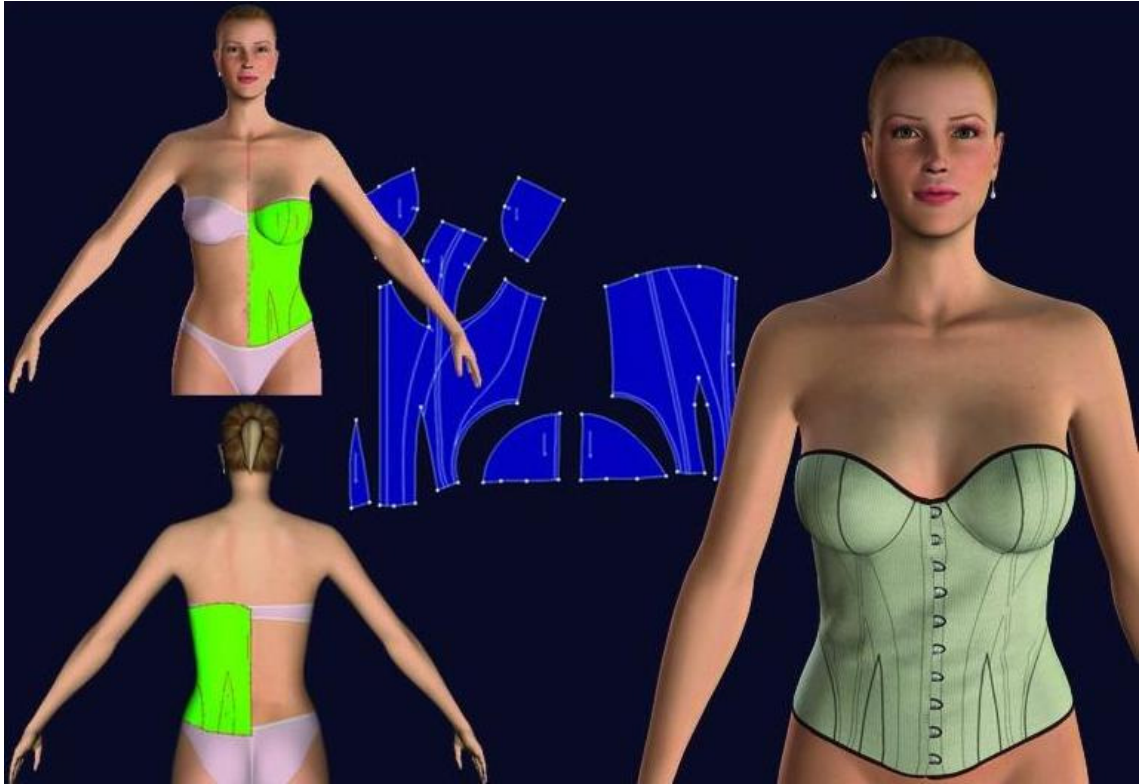
Optitex Ltd. on perustettu vuonna 1988. Sen pääkonttori on Israelissa. Yhtiö toimii merkittävänä toimijana USA:n vaatetusalan ohjelmistomarkkinoilla. Optitexin perusratkaisu vaatetus suunnittelijoille on nimeltään C-design Fashion. Ohjelmisto ei ole varsinaisesti Optitexin oma tuote vaan Optitex on ollut yksi C-design Fashionin kehittäjien yhteistyökumppaneista. [34] Ohjelmisto käyttää Corel-järjestelmän grafiikkaydintä. Se tukee 80:tä eri tiedostomuotoa ja sisältää 18 000 valmista mallia naisille, miehille ja lapsille sisältäen myös alusvaatteita ja uima-asuja. Suunnittelijat voivat muokata valmiita malleja, lisätä niihin yksityiskohtia ja värittää ne haluamallaan tavalla tai piirtää alusta asti oman mallinsa. Ohjelmiston avulla voidaan suunnitella kudottuja kankaita ja sillä voidaan myös tehdä tarvittavat tekniset piirroksot ja ohjeistukset sekä mallistojen koontilakanat. Myös jälleenmyyntipisteiden visuaalinen suunnittelu onnistuu ohjelmalla. [35]

Lähimmäksi todellista kolmiulotteista vaatesuunnittelutyökalua päästään Optitexin 3D Runway Designer ohjelmiston 3D Flattening-työkalulla. Tämän moduulin avulla voidaan kolmiulotteisen ihmismallin päälle piirtää apuviivojen ja pisteiden avulla varsinaisen uusi vaate. Ohjelmisto pystyy luomaan 3D-mallin päälle piirrettyjen apuviivojen avulla 2D-kaavat, mutta tietyillä rajoituksilla. 2D-kaavat muodostuvat mallin päälle piirrettyjen saumojen perusteella. Kun kaavat ovat valmiit, ne viimeistellään ja ommellaan virtuaalisesti yhteen, jonka jälkeen vaate voidaan simuloida 3D-mallin päälle ja vaatteeseen voidaan simuloida kangas ja yksityiskohtia. Flattening toiminnolla muodostetut 2D-kaavat antavat suuntaa oikeille kaavoille ja ennen tuotanto ne täytyy tarkastuttaa ammattilaisella. Kuvassa 5.3. on kuvakaappaus Optitex 3D Runway Designer 3D Flattening-ohjelmiston työkalusta, jonka avulla voidaan luoda

virtuaalimallinpäälle vaatteen kappale apuviivojen avulla. Kuvassa 5.4. nähdään 3D-malli ohjelmistolla luodusta korsetista.



Kuva 5.3. Kuvakaappaus Optitex 3D Runway Designer 3D Flattening-ohjelmistosta



Kuva 5.4 Kuvakaappaus Optitex 3D Runway Designer 3D flattening ohjelmistolla luodusta korsetin 3D-mallista

Ohjelmisto luo 3D-mallin päälle apuviivojen avulla muodostetun vaatekappaleen pintaan verkon pienistä kolmioista, jonka avulla se laskee 2D-kaavojen muodon. Ohjelmisto soveltuu parhaiten ihonmyötäisten saumattomien vaatteiden, kuten urheilu tai alusvaatteiden suunnitteluun. Väljyysvarojen suunnittelu ja visualisointi on tälläkin ohjelmistolla hankalaa.

6 TUOTEKEHITYS- JA VISUALISOINTIOHJELMISTOT

3D-suunnittelu mahdollistaa virtuaalisten prototyyppien valmistamisen. Moniin kysymyksiin voidaan vastata jo 3D-mallin avulla. Prototyyppien määrä vähenee merkittävästi kun tarvittavat korjaukset voidaan tehdä jo 3D-malliin ja varsinaisia fyysisiä protomalleja tarvitsee ideaalitapauksessa valmistaa vain yksi kappale. Aikaavievä mallitusprosessi nopeutuu ja varsinainen tuotantoprosessi pääsee alkuun nopeammin.

Tuotekehitys- ja visualisointiohjelmistoissa vaatteiden 3D-malleja voidaan sovittaa kolmiulotteisen virtuaalisen mallin päälle. Näissä ohjelmissa 2D-kaavat ommellaan virtuaalisesti yhteen, ja niitä voi sovittaa avatariksi kutsutun virtuaalisen ihmisvartalon päälle. Virtuaalimallin mittasuhteita voi muokata ja vartaloa voi liikuttaa, jotta nähtäisiin miten vaate istuu päälle eri asennoissa. Analysointityökalujen avulla nähdään mistä kohti vaate kiristää vartaloa sekä muita yksityiskohtaisia tietoja istuvuudesta. Koska vaatteiden kaavojen piirtämiseen käytetään alalla yleisesti 2D CAD-ohjelmia, valmiiksi piirrettyjä kaavoja voidaan käyttää hyväksi 3D-visualisoinnissa.

Perinteisin menetelmin työskenneltäessä jokaisen muutoksen jälkeen on tehtävä uusi prototyyppi oikeista materiaaleista. Prototyyppi valmistetaan usein eri paikassa, jopa eri maassa, kuin missä suunnittelu tapahtuu. Mallikappaleiden siirtely edestakaisin on aika vievää ja kallista. 3D-teknologian avulla ensimmäiset prototyypit voidaan luoda virtuaalisesti fyysisten prototyyppien sijasta. Muutosten teko käy nopeasti, tulokset näkyvät saman tien ja prototyyppi voidaan lähettää nopeasti kaikille vaatteen suunnitteluun osallistuville tahoille nähtäväksi.

3D-prototyyppien käyttäminen mahdollistaa myös yhteistyöskentelyn, jossa vaatesuunnittelijat, kaavantekijät, tuotekehittäjä sekä myynti- ja markkinointitiimit pääsevät näkemään tuotteen alusta asti. Kommunikaatio helpottuu, kun kaikki osapuolet voivat osallistua vaatteen kehittämiseen missä tahansa tuotannon vaiheessa. Tämä nopeuttaa ja tehostaa päätöksentekoa, ja lisäksi vaatteen lopullinen malli saadaan valmiiksi nopeammin. Osassa 3D-ohjelmista on mukana erillinen mallien katseluun tarkoitettu ohjelmisto. Viewer-ohjelmaksi kutsutaan järjestelmää, jolla vaateprototyyppijä on helppo jakaa suunnitteluun osallistuvien henkilöiden kesken ja tehdä niihin kommentteja, mutta varsinaisia muutoksia malliin sillä ei pysty tekemään. Näistä ohjelmista kerrotaan lisää myöhemmin kappaleessa 7.2 viewer-työkalut.

Konkreettiset 3D-teknologian tuomat hyödyt tuotekehitys- ja visualisointityökaluilla ovat:

- Vähemmän fyysisiä mallikappaleita.
- Mahdollisuus kokeilla eri vaihtoehtoja nopeasti ja saada kattava kokonaiskuva
- Yhteistyö ja kommunikointi kaikkien osapuolten kanssa
- Asiakas voidaan tuoda mukaan aikaisemmassa vaiheessa jolloin yhteistyö ja kumppanuus korostuvat
- Mallistojen yhtenäisyys ja sopivuus toisiinsa parantuu
- Innovatiivisia mahdollisuuksia markkinointi- ja myyntitarkoituksiin

Matemaattiset algoritmit, liittyen kangasmateriaalien realistiseen mallintamiseen ovat monimutkaisia. Asiaa ovat tutkineet muun muassa matemaatikot E. Cerda, L. Mahadevan ja J. M. Pasini, joiden tutkimus julkaistiin Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS) tieteellisessä julkaisusarjassa 2004. Heidän tutkimuksensa käsitteli painovoiman aiheuttaman tasaisen, isotrooppisen ja elastisen materiaalin taipumisen ja laskeutumisen simuloimista 3D-mallinnuksessa. Mitä isompi kappale on kyseessä, sitä enemmän sen taipuminen laskoksille lisääntyy elastisuuden ja painovoiman vaikutuksesta ja sen simuloiminen monimutkaistuu. Tutkimuksessa analysoitiin yksinkertaisia kolmiulotteisia rakenteita, muodon reagoimista ja pysyvyyttä ja tutkijat loivat matemaattisen mallin, jolla tilannetta voidaan simuloida tietokonegrafiikan avulla. Tutkimusaineistossa oli myös monimutkaisempia rakenteita ja muotoja joille johdettiin erilaisia skaalautuvuuslakeja.[36] Tutkimuksessa kehitetyt algoritmit ovat johdonmukaisia ja perustuvat todenmukaisten kiintopisteiden asettumiseen koetilanteissa. Tutkimuksen perusteella saatiin paljon uutta tietoa kankaiden käyttäytymisestä ja mahdollisuuksia sen mallintamiseen erilaisissa tilanteissa. Ohjelmistoyritysten vedotessa liikesalaisuuksiin, emme tiedä onko tutkimuksen tuloksia oikeasti hyödynnetty vaatetusteollisuuden 3D-ohjelmistoissa.

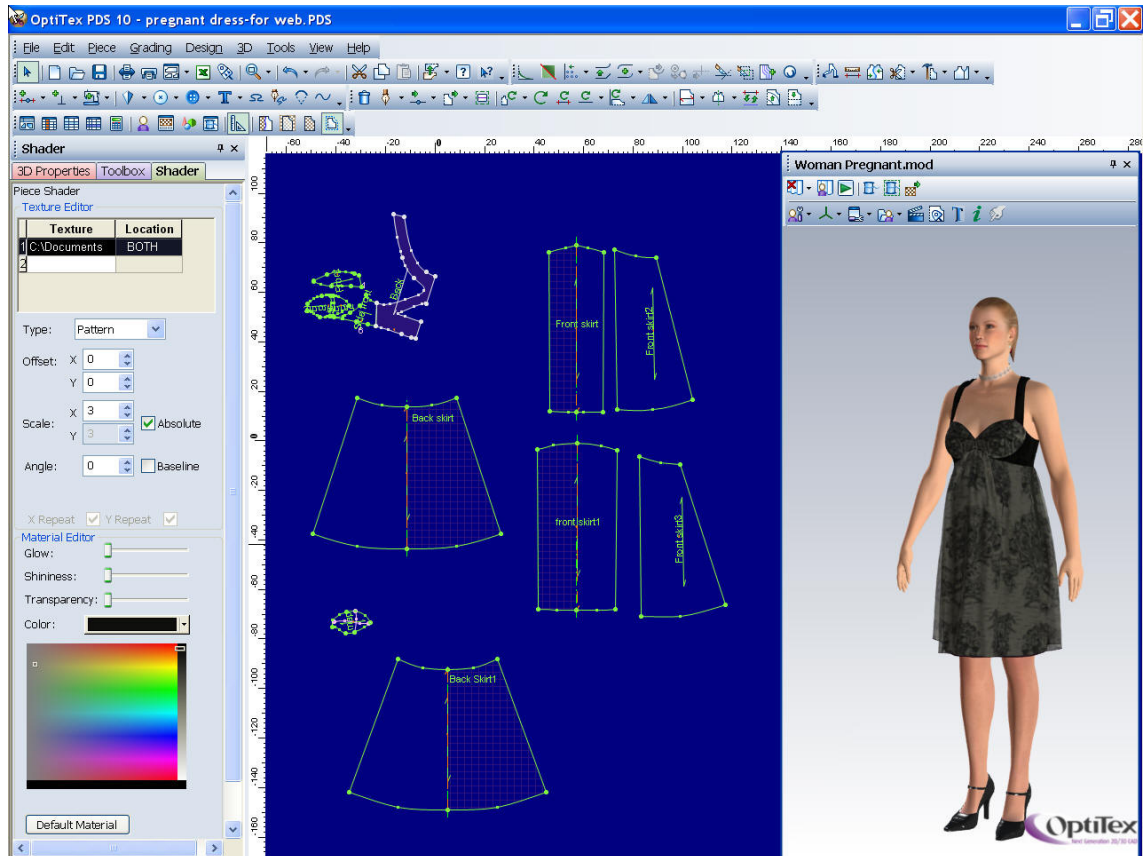
Tässä työssä esitellään tuotekehitys- ja visualisointityökaluista Optitex 3D Runway tuoteperhe, Lectran Modaris 3D Fit ja Browzwearin VStitcher ohjelmisto. Gerber Technology on toiminut Browzwearin jälleenmyyjänä vuodesta 2003 ja sillä ei ole tarjota omaa ohjelmistoa tähän tarkoitukseen.

6.1 Optitex 3D Runway Designer

Optitex 3D Runway Designer on tuoteperhe, jossa kaavoituksen ja tuotteen visualisoinnin moduulit ovat nimeltään Optitex 3D Runway Creator for PDS , Optitex 3D Runway Creator for Modulate ja Optitex 3D Runway 3D Digitizer. Lisäksi on saatavissa Optitex 3D Runway 3F Flattening ohjelmisto, jota esiteltiin aiemmin.

Optitex 3D Runway Creator for PDS on ohjelmiston osa, jolla kaavat voidaan sovittaa virtuaalimallin päälle ja nähdä lopputulos simuloituna. 3D-tekniikkaa päästään

hyödyntämään kun kappaleen kaavoitus on saatu valmiiksi. Valmiisiin CAD-ohjelmistossa luotuihin 2D-kaavoihin merkataan yhteen ommeltavat kohdat. Vaatteen kappaleisiin yhdistetään kankaan kuviointitiedosto ja lopuksi kaavan kappaleet puetaan apupisteiden avulla mallin päälle ja simuloidaan työkalun avulla laskeutuvaksi ja pehmeäksi kankaan fysikaalisten ominaisuuksien avulla. Ohjelmisto sisältää useita työkaluja istuvuuden analysoimiseksi. Kuvassa 6.1. nähdään kuvakaappaus Optitex 3D Runway Creator for PDS ohjelmistosta ja sen toiminnosta, jolla kaavat simuloidaan virtuaalimallin päälle.



Kuva 6.1 Kuvakaappaus Optitex 3D Runway Creator for PDS ohjelmistosta

Optitex 3D Runway Creator for Modulate on ohjelmiston moduli, jolla pystyy muokkaamaan virtuaalisia mannekiineja, joiden päälle vaatteita sovitetaan. Virtuaalimalleissa on 65 muokattavaa mitta ja niitä voidaan muokata erilasiin asentoihin. Käyttäjä voi luoda omiin tarkoituksiinsa sopivan mallinuden ja se on tallettavissa myöhempää käyttöä varten.

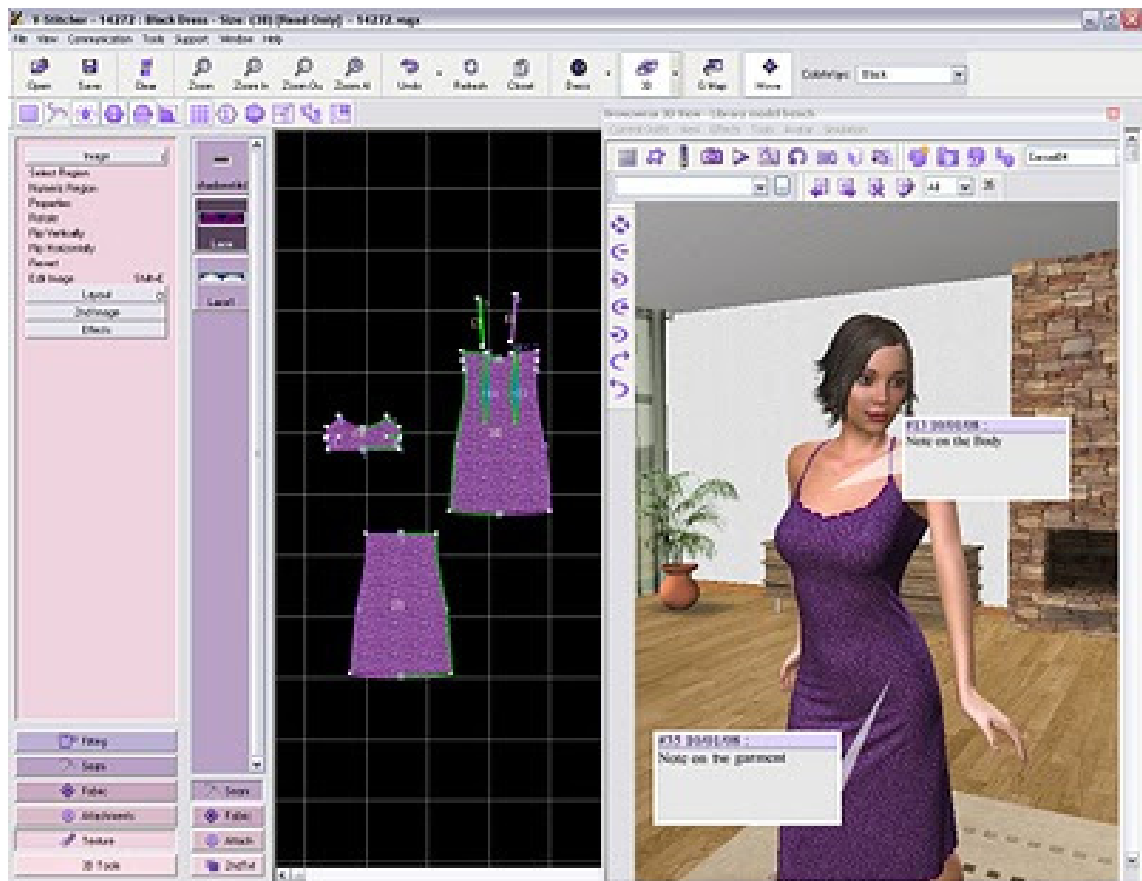
Optitexiltä on saatavissa myös kankaan testauslaitteiston (Fabric Testing Utility), jonka avulla voidaan testata asiakkaan omia kankaita realistista simulaatiota varten. Jos testit tehdään huolellisesti, voidaan niiden avulla saavutetaan realistinen kuva kankaan laskeutuvuudesta ja muista ominaisuuksista, jotka vaikuttavat 3D-simulation todennäköisyyteen. Yksinkertaisen laitteiston avulla voidaan korvata kalliit ja aikaa vievät laboratoriotestit. Laitteistolla voidaan testata neljä tärkeintä parametriä, jotka vaikuttavat Optitexin draping-algoritmiin. Testattavat fysikaaliset ominaisuudet ovat

kankaan taipuisuus, kitka- ja hankausominaisuudet, venyvyys ominaisuudet sekä kiertojäykkyys.

6.2 Browzwear VStitcher

VStitcher-ohjelmiston kehityksessä on ollut mukana useita Browzwearin asiakkaita, eli vaatetusalan yrityksiä eripuolilta maailmaa. Heidän panostaan on hyödynnetty erityisesti kangassimulaatioita rakennettaessa ja heidän ansiostaan niin kankaiden, kuin saumatyyppien ja muiden yksityiskohtien mallinnus on saatu todenmukaisemmaksi. Perusidea on sama kuin muissakin ohjelmistoissa. 2D-kaavat ommellaan virtuaalisesti yhteen ja puetaan virtuaalimallin päälle ja simuloidaan kankaaksi. Kankaan visuaalinen ilme saadaan lisättyä malliin ja istuvuutta voidaan analysoida erilaisilla työkaluilla.

Ohjelmistossa on valittavana 13 erilaista virtuaalimallia. Virtuaalimalli voidaan valita iän, sukupuolen, tai poseerausasennon mukaan. Ihon väriksi on valittavana 29 erilaista vaihtoehtoa ja hiustyyliä on 35 erilaista. Ohjelmiston avulla voidaan mallintaa myös äitiysvaatteita, sillä virtuaalimallia voidaan muokata esittämään raskauden eri vaiheita. Lisäpalveluna Browzwear voi myös luoda asiakkaalle oman virtuaalimallin vastaamaan asiakkaan tarpeita sekä mallintaa tarvittavia asusteita kuten hattuja, silmälaseja tai kenkiä tai kokonaisen virtuaaliympäristön ja luoda animaatioita virtuaalista muotinäytöstä varten. Ohjelmistossa on myös monia työkaluja, joiden avulla eri osapuolet voivat kommentoida 3D-malleja. Kuvassa 6.2. nähdään kuvakaappaus kommentointityökalusta



Kuva 6.2. Kuvakaappaus, jossa näkyy lisättyä kommentteja 3D malliin.

VStitcher sisältää 100 erilaista valmista vaatetta, joita käyttäjä voi muokata. Sen mukana tulee kattava kangaskirjasto kankaan fysikaalisten ominaisuuksien simulointia varten ja useita erilaisia valmiita tekstuureja kankaiden pinnan, saumojen ja yksityiskohtien visualisoimiseksi. Kankaan laskeutuvuuden ja muotoutumisen simulaatio perustuu monimutkaiseen matemaattiseen ja fysikaaliseen algoritmiin, jonka tarkemmasta sisällöstä ei anneta tietoja liikesalaisuuteen vedoten.

VStitcher-ohjelmistossa on mahdollisuus muokata ja tallentaa tiettyjä haluttuja kuvakulmia. Tällöin on mahdollista vaihtaa kuvakulmaa nopeasti tallennettuun kuvakulmaan tai tiettyyn kulmaan ja samalla säilyttää zoomauksen taso. Näin ollen voidaan helposti tarkastella kaikkia vaihtoehtoja samankokoisina ja samasta kuvakulmasta helposti ja yksinkertaisesti.

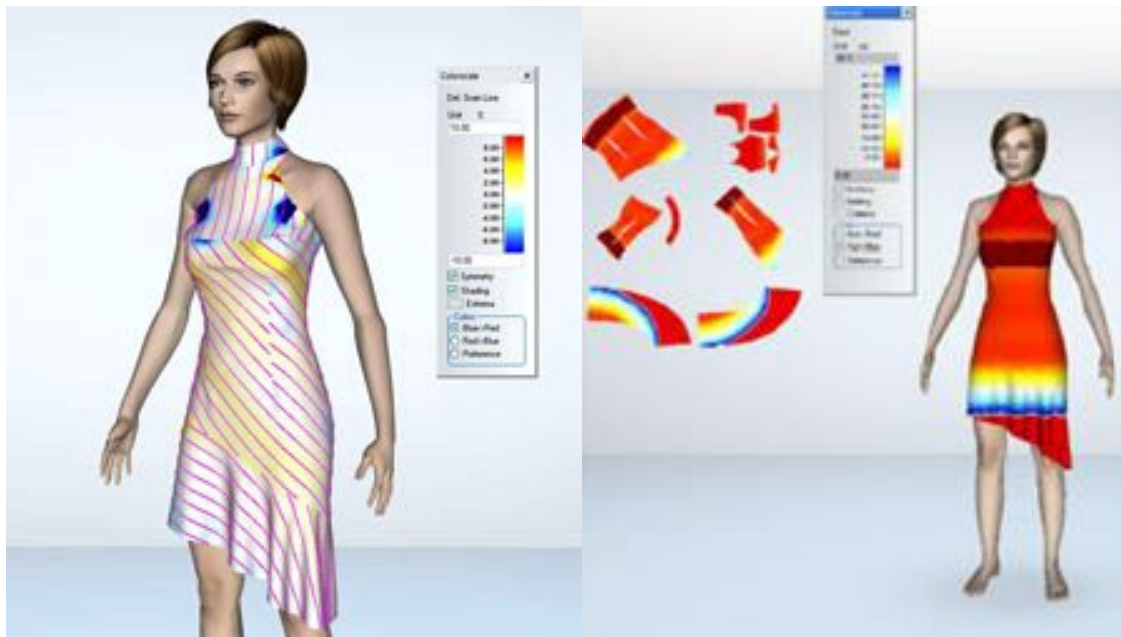
VStitcher-ohjelmisto sisältää yksinkertaiset työkalut kaavojen luontiin, mutta kehittyneitä kaavanmuokkaustyökaluja ohjelmistossa ei ole. Gerber on toiminut Browzwear VStitcher-ohjelmiston jälleenmyyjänä vuodesta 2003 lähtien ja yhtiöt ovat tehneet tiivistä yhteistyötä. Ohjelmisto on suoraan yhteensopiva Gerberin Accumark kaavoitusohjelmiston kanssa ja Gerber tarjoaa myynnin lisäksi tukipalveluita ohjelmiston käyttöön. Myös yleisen DXF-muodon kaavat voidaan tuoda ohjelmaan.

Myös VStitcher ohjelmistoon on saatavissa oma kangastestausjärjestelmä, jonka avulla kirjastoon voidaan lisätä asiakkaan omia kankaita. VStitcher lupaa sijoitetun pääoman maksavan itsensä takaisin jopa vuodessa, riippuen tietenkin asiakkaan

malliston laajuudesta ja monimuotoisuudesta ja siitä kuinka paljon tuotekehitystiimissä on henkilöitä ja montako lisenssiä hankitaan. VStitcher nostaa kankaan paksuuden simuloinnin omaksi myyntivaltikseen ja painottaa, että myös vaateen sisäpuolen visualisointi on mahdollista. Tämän ominaisuuden avulla voidaan vaatteeseen kiinnittää brändimerkit, kokomerkinnät, pesuohjelaput ja muut sisäpuolen yksityiskohdat.

6.3 Lectra Modaris 3D Fit

Pääperiaatteiltaan Lectran Modaris 3D Fit on samankaltainen kuin aiemmin esitellyt ohjelmistot. Modaris 2D -kaavoitusohjelma yhdessä Modaris 3D Fit -virtuaalisovitus- ja visualisointiohjelman kanssa mahdollistavat todellisen kokoisen vaateen virtuaalisovituksen kolmiulotteiselle mannekiinille. Mannekiini voidaan muokata vastaamaan haluttuja vartalonmuotoja ja mittoja. Kuvassa 6.3. näkyy Modaris 3D Fit ohjelmiston vaateen istuvuuden analysointityökaluja.



Kuva 6.3. Kuvakaappauksia Modaris 3D Fit-ohjelmiston istuvuuden analysointityökaluista

Lectra on tehnyt yhteistyösopimuksen [TC]²:n kanssa, joka on yksi johtavista teknologia toimijoista vaatetuksen ja muiden pehmeitä materiaaleja hyödyntävien teollisuuden alojen saralla. [TC]² on keskittynyt tuotantoketjun parantamiseen erilaisten teknologia sovellusten avulla. Yhteistyön avulla pyritään kehittämään entistä parempia räätälöityjä virtuaalimalleja ja parannetaan 3D-vartaloskannereiden antaman tiedon hyödyntämistä, jotka kummatkin kuuluvat [TC]²:n ydinosaamiseen.

6.4 Ohjelmistojen yhtäläisyydet ja eroavaisuudet

Kaikki tässä työssä esiteltyt virtuaalisovitusohjelmistot toimivat samalla perusperiaatteella. Eroavaisuuksia tulee lähinnä työkalujen ja ominaisuuksien paketoinnissa. Joissain ohjelmistoissa suunnittelutyökalut, kuten värienhallinta ja printtien suunnitteluun tarvittavat työkalut, ovat erillisinä moduuleina eri nimellä, osassa ne on yhdistetty virtuaalisovitusohjelmaan. Myös kaavoitustyökalujen määrä vaihtelee. Varsinaisesti virtuaalisovitusohjelmistot eivät ole kaavoitusohjelmia, joten ammattimaiseen kaavoittamiseen ne sellaisinaan eivät sovellu, vaan siihen tarvitaan erillinen ohjelma. Myös virtuaalimannekiinien ulkomuodoissa, asennoissa, mittojen ja vartalon muotojen muokkautuvuudessa ja tarkasteltavissa kuvakulmissa on eroja.

Se miten hyvin ohjelmisto kykenee simuloimaan kankaan venyvyys- ja paksuusominaisuuksia on mahdotonta arvioida ulkopuolisena. Jokaisella vaatetusalan yrityksellä on jokaiselle malliston vaatteelle oma kangasmateriaali ja se onko simulointi todenmukainen voidaan nähdä vasta, kun varsinainen fyysinen mallikappale on valmistettu. Samoin se, miten ohjelmiston analyysityökalut toimivat on mahdollista arvioida vasta kun mallikappale on sovitettu aidon mallin päälle. Realistisuus riippuu siis tuotteesta ja jonkun yrityksen tuotteille sopii parhaiten tietty ohjelmisto ja jonkun toisen yrityksen tuotteille soveltuu parhaimmin joku muu ohjelmisto. Todellisessa käytössä ohjelmistoja voi myös jossain määrin opettaa ja kun käyttäjä muutaman testituotteen jälkeen pääsee sinuiksi ohjelmiston kanssa, on siitä mahdollista saada enemmän hyötyä irti.

7 MARKKINOINTIIN JA VISUAALISEEN ESITTÄMISEEN TARKOITETUT OHJELMISTOT

Vaatetusalan yritykset tuottavat yleensä vähintään kaksi mallistoa vuodessa, ja myös uutta markkinointimateriaalia on tuotettava yhtä usein. Kun vaatteiden matka suunnittelupöydältä kauppojen hyllyyn nopeutuu, markkinointimateriaali on myös saatava valmiiksi nopeammin. Realistisen 3D-mallinnuksen ansiosta kaikkia tuotteita ei ole enää pakko valokuvata markkinointimateriaaleihin vaan osa kuvista saadaan tuotekehityksen ”sivutuotteena”.

Kaavoja muokattaessa, muutosten vaikutukset voidaan nähdä heti 3D-mallina. Ohjelmista pystytään myös jakamaan kuvia suunnitteluun osallistuvien henkilöiden kesken. Eri osapuolet voivat lisätä kuviin tarvittavia kommentteja. Jokainen osapuoli ei siis tarvitse kallista lisenssiä kuvan muokkausominaisuuksineen. Myynti- ja markkinointitiimi pääsee näin näkemään tuotteet jo ennen mallikappaleiden valmistumista ja suunnittelemaan omia toimiaan ennakkoon. Markkinoinnin näkökulmasta tämä tarkoittaa sitä, että markkinoinnin suunnittelu voidaan aloittaa aiemmassa vaiheessa.[37] Kommunikaatio helpottuu, puhutaan varmasti samasta asiasta, kun kaikki osapuolet näkevät tuotteen edessään.

Yritysten välisessä viestinnässä 3D-mallit toimivat luonnollisena osana erilaisissa multimediaesityksissä. Osalla 3D-ohjelmistoista on mahdollista luoda jopa virtuaalinen muotinäytös mallistosta. Tällöin mallisto voidaan esitellä myyntitiimille tai jopa asiakkaille ennen sen valmistumista ja menekkiä pystytään ennakoimaan jo ennen kuin vaatteesta on tehty yhtään fyysistä protomallia.

7.1 3D-mallinnuksen tarjomat mahdollisuudet internetkaupassa

Itellan tekemän tutkimuksen mukaan verkko-ostaminen on yhä arkisempaa ja monipuolisempaa. Kyselyyn vastasi tammi-helmikuussa 2008 yli 14 000 internetin käyttäjää, joista 90 prosentilla oli jo kokemusta ostamisesta internetin kautta. Lähes kaikki netinkäyttäjät ovat joskus ostaneet verkosta jotain. Vain 3 % tutkimukseen vastanneista ilmoitti, ettei ollut koskaan ostanut internetin kautta mitään. Säännöllisesti, vähintään kuukausittain, arvioi ostavansa verkosta 46 % eli lähes puolet Itellan kyselyyn vastanneista. [27] Verkko-ostamisen arkipäiväistymisestä kertovat verkkokaupan arvon voimakas euromääräinen kasvu ja verkon kautta ostettavien tuotteiden ja palvelujen monipuolistuminen.

Vaatteiden ostaminen verkkokaupasta jakoi suomalaisten mielipiteet. Moni piti kuitenkin kätevänä esimerkiksi lastenvaatteiden ja perusvaatteiden ostamista internetin kautta. ”Nettikaupan suunnittelussa täytyy siis ottaa huomioon ihmisten tarve hypistellä ja tutkiskella tuotetta ja verkkokaupan ovi käy myös paremmin, jos tuotteista on saatavissa runsaasti kuvia ja tuoteinformaatiota”. kiteyttää verkkokauppapalveluiden johtaja Leena Poutanen Itellasta. [30] Tähän haasteeseen voidaan vaatteiden osalta vastata osittain 3D-teknologian avulla. 3D-mallinnuksen avulla vaatteesta saa selkeän kokonaiskuvan, kun vaatetta pääsee pyörittämän ympäri ja tarkastelemaan eri kuvakulmista ja vaikka kurkistamaan 3D-mallin sisälle.

Kehittämällä verkkokauppaa 3D-mallien avulla voidaan myös vähentää kalliita palautuksia. Verkkokauppaa koskevat etäkaupan säännökset, joiden perusteella kuluttajalla on 14 vuorokauden palautusoikeus. Smilehouse yrityksen tekemän tutkimuksen mukaan 54 % verkkokaupan asiakkaista on palauttanut verkon kautta ostamia tuotteita.[31] Virtuaalisovituksen avulla voidaan edistää oikean koon valintaa ja auttaa asiakasta hahmottamaan sopiiko vaate hänelle. 3D-mallista saatava kokonaiskuva tuotteesta vähentää erilaisten väärinkäsityksien mahdollisuutta.

7.2 Viewer-työkalut

Digitaalisessa markkinoinnissa pitää ottaa huomioon markkinoinnin perusasioiden lisäksi myös teknisiä asioita kuten yhtäläinen toimivuus eri käyttöliittymillä, erilaisilla päätelaitteilla, ja ohjelmistoilla. Viewer-ohjelmistolla tarkoitetaan ohjelmistotyökalua, jolla voidaan katsella 3D-ohjelmalla luotua mallia. Viewer-ohjelma mahdollistaa ainoastaan mallin katselemisen ja kommentoimisen. Sen avulla ei voi tehdä muutoksia malliin. Käyttöliittymä on yleensä yksinkertainen, jolloin aiempaa kokemusta CAD-ohjelmiston käytöstä ei tarvita. Viewer työkalun ansiosta ei ole tarvetta ostaa kalliita ohjelmistolisenssejä kaikille osapuolille vaan kuvien katseleminen onnistuu helposti ja vaivattomasti opettelematta 3D-ohjelmiston varsinaisia toimintoja.

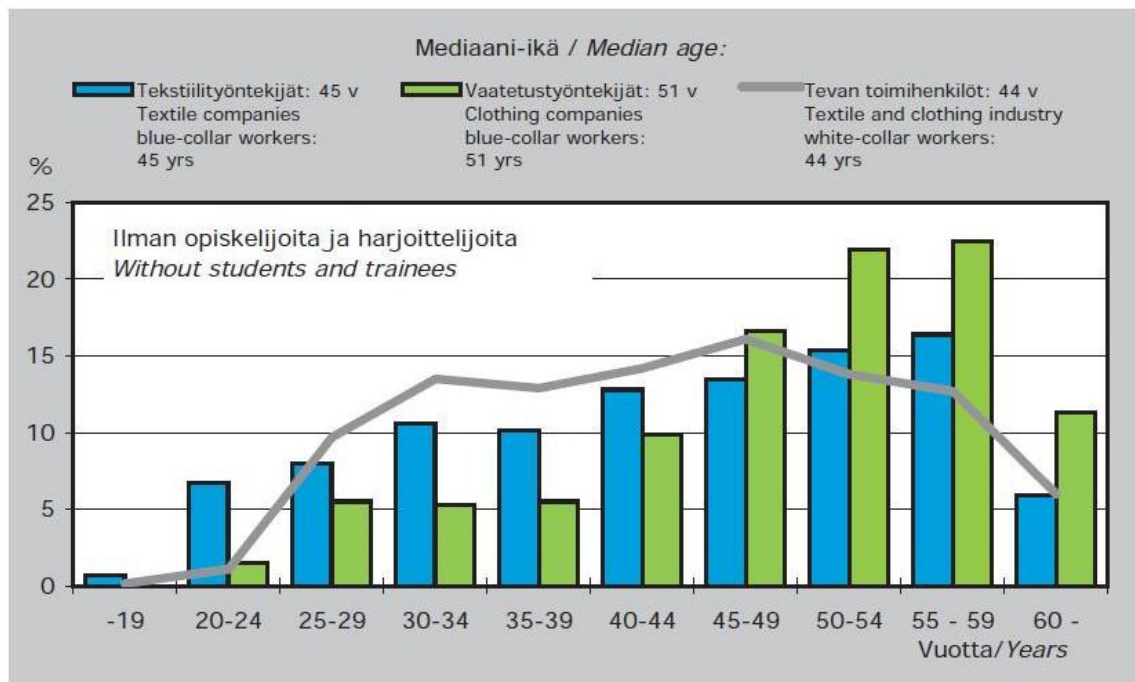
Browzwear Cme tarjoaa viewer-työkalun lisäksi kokonaisratkaisun internetkauppaa varten. Ohjelmistolla voidaan rakentaa HTML-pohjaisia katalogeja tarjolla olevista tuotteista ja potentiaalinen ostaja voi rakentaa virtuaalisen mallinuden omilla mitoillaan ja muilla ominaispiirteillään ihon väristä hiuksiin. Ohjelma mahdollistaa myös kommentoinnin asiakkaiden kesken. Virtuaalisesti sovitetusta vaatteesta saa kuvan jonka voidaan jakaa ystävien kesken ja saada näin palautetta mahdollisesta hankinnasta. Tämän interaktiivisuuden toivotaan vetoavan erityisesti nuorisoon, joka on tottunut käyttämään sosiaalisia medioita. Cme-katseluohjelmisto on ladattavissa ilmaiseksi internetistä. Browzwear tarjoaa kuitenkin yrityksille konsultointia verkkokaupankäyntiin liittyen ja ratkaisut verkkokaupan perustamisen avuksi ovat maksullisia. Konsultointipalvelut räätälöidään erikseen jokaisen asiakkaan käyttötarkoitukseen sopeutuvaksi.

Optitexin VStitcher 3D-kokonaisuutta on kehitetty alusta lähtien internetpohjaisia ratkaisuja silmällä pitäen. Tiedostojen jakaminen tuotekehitystiimin

kesken onnistuu internetpohjaisella VStitcher Viewer-työkalulla, jonka avulla 3D-mallit ovat myös helposti hyödynnettävissä markkinoinnissa ja internetissä tapahtuvassa kaupanteossa. Optitex ei kuitenkaan tarjoa yhtä kattavaa kokonaispakettia verkkokappa varten kuin Browzwear. Myös Lectralta on saatavissa kuvien katselun mahdollistava viewer-työkalu.

8 EDELLYTYKSIÄ UUSIEN OHJELMISTOJEN KÄYTTÖÖNOTTOON

Tekstiili- ja vaatetusalan työntekijöiden ja toimihenkilöiden keski-ikä on hieman muuta teollisuutta korkeampi.[38] Tämä saattaa tuoda lisää haasteita uuden teknologian käyttöönottoon. Finatex ry:n vuodelta 2009 kokoama tilastokirjan mukaan toimihenkilöitä on eniten ikäryhmässä 45–49 vuotta ja vaatetustyöntekijöitä ikäryhmissä 50–54-vuotiaat ja 55–59-vuotiaat.[39] Tekstiili- ja vaatetusteollisuuden työntekijöiden ikäjakauma näkyy kuvasta 8.1.



Kuva 8.1 Tekstiili ja vaatetusteollisuuden työntekijöiden ikäjakauma.

Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että ikääntyvät eivät yksiselitteisesti vastusta uutta teknologiaa tai muutosta ylipäänsä, mutta heiltä puuttuu usein itsetuntoa ja taitoa käyttää sitä. [40, s.150] Itsetunnon puute ja taitojen epäily näkyy helposti negatiiviseksi tulkittavana asenteena. Ikääntyvät eivät myöskään välttämättä ole yhtä kiinnostuneita uudesta teknologiasta samalla lailla kuin nuoremmat.

Osalla vanhempaa väestöä arvot ja käsitys asioiden tärkeysjärjestyksestä ovat erilaisia kuin nuorten ja keski-ikäisten. Ikääntyvien asenteisiin tietotekniikkaa kohtaan voi vaikuttaa myös sosiaalinen ympäristö. Työympäristössä on saatettu ajatella, etteivät ikääntyvät osaa käyttää teknologiaa ja heitä ei ole viitsitty kouluttaa sen käyttöön. Heitä

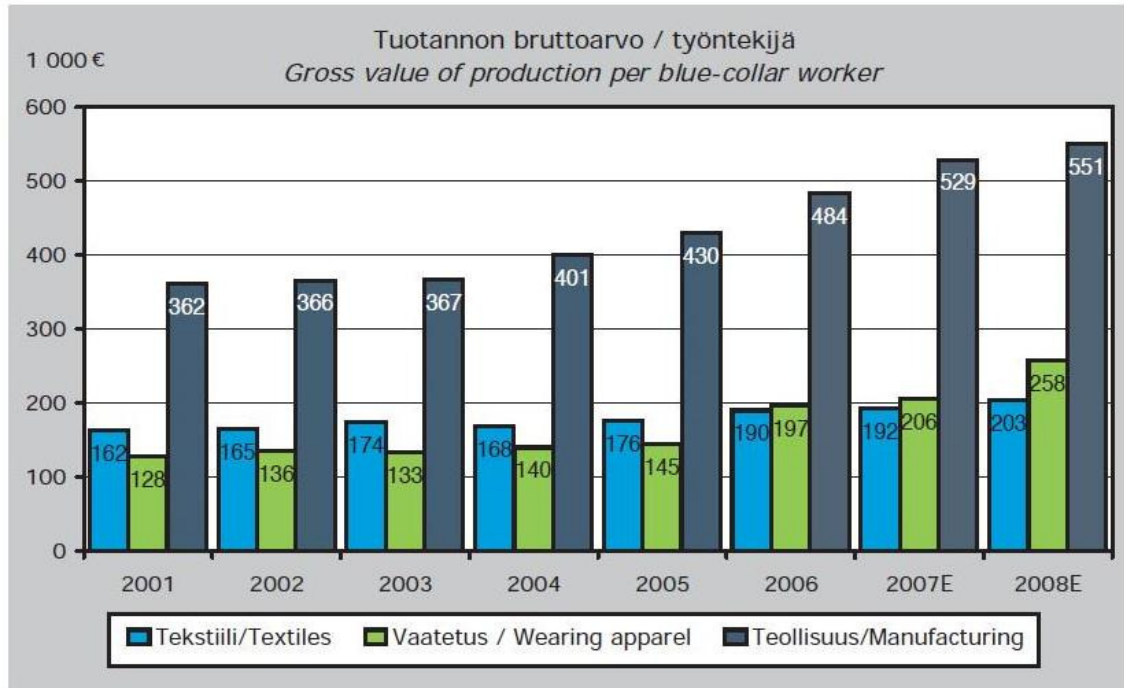
on saatettu jopa korvata uudella teknologialla, jolloin heille on jäänyt hyvin negatiivinen kuva teknologiasta. [40, s.27]

Työelämässä mukana olevia ihmisiä ei voida varsinaisesti lukea ikääntyvien ihmisten joukkoon, mutta samankaltaisia haasteita on havaittavissa. Erityisesti asennepuolella on havaittavissa sitä enemmän ongelmia, mitä vanhemmasta työntekijästä on kyse. Uuteen teknologiaan varautuneesti suhtautuvia on enemmän keski-ikäisissä kuin nuorten keskuudessa. Nuoret ovat varttuneet tietokoneiden valtaamassa ympäristössä, eivätkä he pelkää kokeilla uusia ohjelmistoja tai tietokoneen rikkoutumista käyttäjän virheen takia. Helsingin kaupungin opetusviraston vuonna 2000 päättyneessä Ikä- ja tietotekniikka – projektissa on havaittu kuitenkin selviä eroja nuorten ja vanhempien työntekijöiden suhtautumisessa tietotekniikkaan. Yleensä nuoret kokivat tietotekniikan positiiviseksi ja uskoivat sen rikastuttavan työntekoa. Vanhempien kohdalla tilanne oli pääosin vastakkainen. Tyypillisiä tietotekniikkaan liittyviä ongelmia heidän mielestään olivat termien ymmärtäminen ja tietojen saanti käsikirjoista.[41, s.19, 37–38]

”Nykypäivän vaatetusteollisuus onkin nopeasti muuttumassa työvoimavaltaisesta ja mekaniikaltaan yksinkertaisesta pääomavaltaiseksi, nykyajan kehittyvää teknologiaa hyödyntäväksi toiminnaksi, joka poikkeaa suuresti käsityömaisesta valmistuksesta” kertoo Minna Kaipainen Jyväskylän yliopiston kasvatustieteellisessä julkaisussa *Ken tilauspukua käyttää, hän herrasmieheltä näyttää*. [42] Kaipainen perustaa näkemyksensä yleisen kehityksen lisäksi myös Opetusministeriön vuoden 2007 tutkimukseen, jossa on selvitetty koulutustarjonnan tavoitteita vuodelle 2012. Sen mukaan työllisyydeltään pieneneviä teollisuuden ammattiryhmiä ovat tekstiili-, vaatetus- ja nahkatyön sekä elintarviketyön työntekijäammatit. Työn painopiste on siirtynyt ja siirtyy tulevaisuudessa yhä enemmän työn tekemisestä suunnitteluun, kommunikointiin ja valvontaan. Tämä edellyttää alan työntekijöiltä teknologian jatkuvaa seuraamista ja ennen kaikkea kykyä oppia ja omaksua uutta.

Tekstiili ja vaatetusteollisuus ry Finatexin julkaiseman Tilastotietoa tekstiili- ja vaatetusteollisuudesta 2009-kirjan kaaviosta nähdään, että työn tuottavuus tekstiili- ja vaatetusaloilla on noussut hiljalleen koko 2000-luvun ajan. Muihin teollisuuden aloihin verrattuna vaatetusteollisuus on kuitenkin reilusti jäljessä. Tarkemmin katseltuna vuoden 2005 jälkeen nousu on ollut johdonmukaista ja selkeää.[39] CAD-ohjelmistojen osalta tilasto on tulkittavissa siten, että alan suurin murros on viimein ohi ja toimitoja on pystytty tehostamaan. Tiedonkulku, tietojärjestelmät ja muut globalisaation tuomat haasteet on saatu ratkaistua ja tuotantoketju toimivaksi. Finatexin Tilastotietoa tekstiili- ja vaatetusteollisuudesta 2009- kirjan mukaan työn tuottavuuden kehitys 2000-luvulla on nähtävissä kuvassa 8.2.

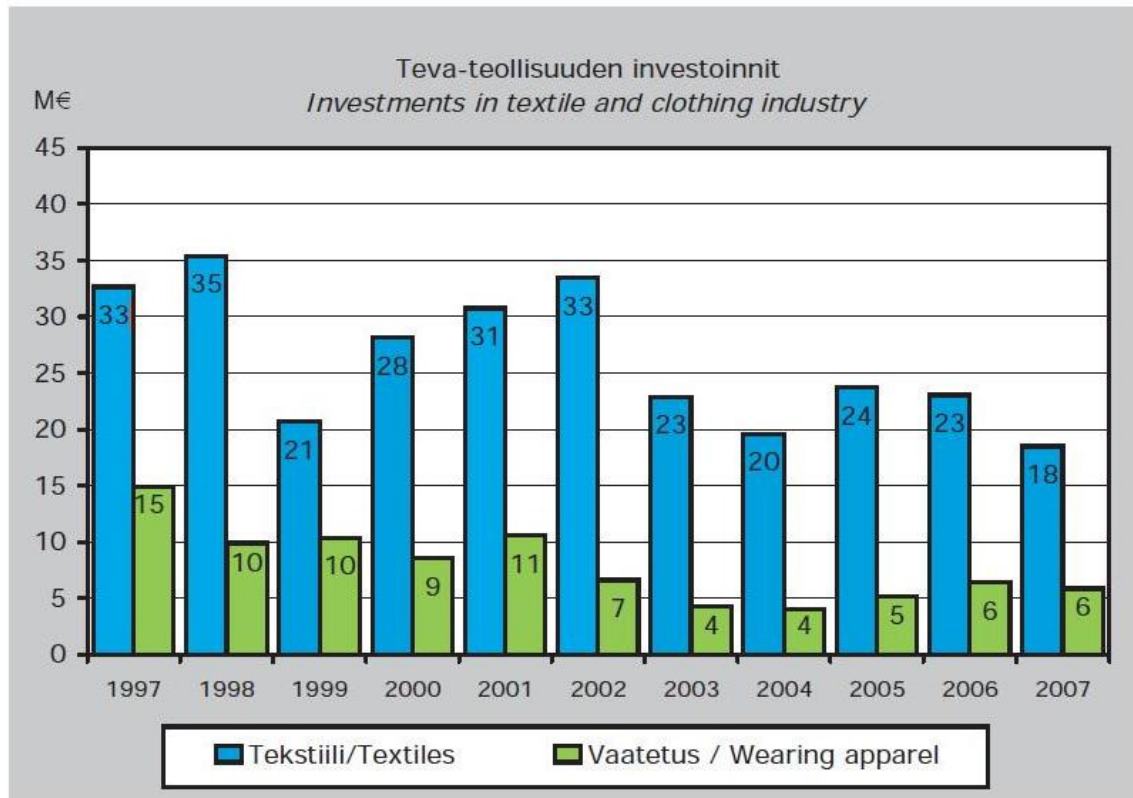
TYÖN TUOTTAVUUDEN KEHITYS, TYÖNTEKIJÄT
PRODUCTIVITY OF LABOUR, BLUE-COLLAR WORKERS



Kuva 8.2. Vaatetusteollisuuden ja muiden teollisuuden alojen työntekijöiden työntuottavuuden kehitys.

Samaisesta Tilastotietoa tekstiili- ja vaatetusteollisuudesta 2009 julkaisusta nähdään myös että investointien määrä on pudonnut 2000-luvun alkupuolella ja kääntynyt sitten pieneniseen kasvuun. Vuodesta 2007 vuoteen 2008 investoinnit ovat euromääräisesti pudonneet puoleen. Vuonna 2007 vaatetusalan investointien määrä oli 6 miljardia euroa ja vuoteen 2008 mennessä määrä oli pudonnut 3 miljardiin euroon. [36] Tuotannon siirtyessä ulkomaille kalliita laiteinvestointeja ei tehdä enää kuten joskus aikaisemmin. Nyt olisi kuitenkin aika panostaa tietoteknisiin ratkaisuihin ja nähdä niistä saatavat selkeät edut. Monessa yrityksessä on valloillaan liian vanhakantainen näkökulma, ettei tietokoneohjelmisto ole kannattava sijoitus, eikä sen tuottavuutta kyetä näkemään. Etujen konkreettinen hahmottaminen on monille vaikeaa. Vaatiikin tietynlaista avarakatseisuutta alkaa suuren murroksen jälkeen edes miettimään kalliita ohjelmistoinvestointeja. Investointien euromääräiset muutokset vuosien 1997 -2007 välillä on nähtävissä taulukosta 8.3.

INVESTOINNIT / INVESTMENTS



Kuva 8.3. Vaatetusteollisuuden investoinnit vuosia 1997-2007

8.1 Vaatimukset tietokoneilta

Piirrephjaisissa mallinnusohjelmissa on mahdollista muuttaa yhtä tuotteen mitta tai muuta määrettä ja ohjelma muuttaa automaattisesti kaikkia mittoja, jotka riippuvat muutetusta arvosta. Tämä parametrisoitu prosessi, jonka avulla muutokset voidaan havainnollistaa nopeasti 3D-malliin, vaatii tiekoneelta laskentatehoa. Vanhentuneella tai muuten vääränlaisella koneella menetetään nopeus ja saatetaan saada koko järjestelmä sekaisin. Mikäli yhdellä tiimin jäsenellä on tehokas tietokone, jossa on suuri näyttö ja toisella vanha huonotehoinen tietokone ja pieni näyttö, voi järjestelmästä saatavat hyödyt vääristyä. Tällaisessa tapauksessa kaikkia etuja ei saavuteta.

Laitevaatimusten määrittäminen on vaikeaa, sillä avainasemassa olevat toimivuusvaatimukset, eroavat ohjelmistojen välillä. Vaikkakin prosessorinopeudella on suuri merkitys laitteiston suorituskykyyn, myös muut tekijät vaikuttavat siihen. Esimerkiksi kovalevyn tyyppi ja nopeus, muistin nopeus, näytönohjain ja väylänopeudet vaikuttavat koneen suoritustehoon. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta, että mitä nopeampi prosessori, sitä parempi suorituskyky. Laitteistoja ei voida kuitenkaan

suoraan vertailla, jos niiden rakenne ei ole muilta osin sama. Ohjelmistoyritykset ilmoittavat ohjelmistojen toimivuudelle minimivaatimusten lisäksi myös ihanteellisen toimivuuden takaavat minimivaatimukset. Yksinkertaistettu taulukko eri valmistajien 3D-ohjelmistojen laitteistovaatimuksista näkyy taulukosta 8.1.

	Lectra	Optitex	Browzwear
Näytönohjain:		Ge-Force 8600 512MB VGA Card	128MB, Nvidia 6800, ATI 9600, 9800
Muisti:	512 Mb	2Gb	512 Mb
Proessori:	Pentium IV, 2 GHz	Core 2 Duo E8400 3.0GHz, 1333Mhz FSB 6MB Cache Intel, AMD tai vastaava	Pentium 4, 3 GHz
Kiintolevyn vapaa levytila:	2 GB	250 GByte hard disk (asennus vaatii noin. 400 MB)	2 GB
Käyttöjärjestelmä:	Windows XP, Windows Vista, Windows 7	Windows XP, Windows Vista, Windows 7	Windows XP, Windows Vista

Taulukko 8.1. Ohjelmistovalmistajien ilmoittamat laitteistovaatimukset

Valmistajan ilmoittamat laitteistovaatimukset ovat kaikissa ohjelmistoissa hyvin samankaltaisia. Vapaan levytilan tarpeen erot selittynevät esimerkki- ja käyttöohjetiedostojen sekä kangaskirjastojen laajuudella. Useimmat 3D CAD-järjestelmät vaativat paljon muistia. Muistin määrä onkin yksi tärkeimmistä ohjelmiston toimivuuteen vaikuttavista tekijöistä. Jos 3D CAD -järjestelmältä loppuu muisti, suorituskyky heikkenee huomattavasti. Kiintolevyn käyttäminen on huomattavasti hitaampaa kuin muistin. Kiintolevyn ohjaimen lyhyitä luku- ja kirjoitusaikoja hyödyntämällä voit nopeuttaa CAD-ohjelmiston muistiin lukemista. Nopeat levyt ja ohjaimet optimoivat myös tietojen lukemista ja kirjoittamista, mikä tekee niistäkin tärkeitä. Vaikka prosessori olisi mahdollisimman nopea ja muistia riittävästi, voi riittämätön näytönohjain johtaa hitaaseen virkistystaajuuteen ja näytön nykimiseen. [2]

8.1.1 Yhteensopivat tiedostomuodot

CAD-järjestelmällä suunniteltujen tuotteiden tuotantoon siirtäminen edellyttää siirtoformaattia, jotta CAM-järjestelmä ymmärtäisi kuvia. CAD-ohjelmistojen yleistyessä 1990-luvulla AutoCAD nousi markkinajohtajaksi. Ohjelmiston DXF-

siirtoformaattista tuli nopeasti standardin omainen yleinen käytäntö. Useimmat CAM-järjestelmät pystyvät lukemaan DXF-muotoa ja näin ollen suunnitelmat voidaan siirtää helposti toteutusvaiheeseen.

Vaatetuslalla käytettävien tiedostomuotojen kirjo on ollut runsasta ja jokaisella valmistajalla on oma tiedostomuotonsa. Tällöin CAD- ja CAM-järjestelmien tuottamaa tietoa ei voida jouhevasti siirtää järjestelmästä toiseen, koska kaikki CAD-ohjelmistot eivät tue toistensa tiedostomuotoja. Valmistajat ovat halunneet pitää omat tiedostomuotonsa, jotta järjestelmästä toiseen siirtyminen pysyisi hankalana ja näin ollen kilpailijan tuotteiden käyttöönottoaminen olisi epätodennäköisempää. Vastaava ilmiö on myös 3D-mallinnusohjelmissa. Mikäli universaali formaatti kehitettäisiin, asiakkaat eivät olisi enää niin riippuvaisia saman valmistajan kokonaisratkaisusta ja yksittäisen ohjelmiston vaihto kilpailevaan tuotteeseen olisi helpompaa.

DXF AAMA on 2D-tiedostomuoto, joka on kehitetty tekstiili- ja vaatetusteollisuuden tarpeisiin. Tavallinen DXF-tiedostomuoto ei osaa tallentaa kaikkea automaattileikkurin tarvitsemaa tietoa, eikä se osaa eritellä eri viivatyyppejä. Automaattisen leikkuujärjestelmän pitää tietää, mitkä kuvan viivoista ovat terän leikkuuviivoja, mitkä kohdistusmerkkejä ja mitkä kynällä piirrettäviä apuviivoja. DXF AAMA tiedostomuodossa nämä eri viivatyypit on tallennettu eri kerroksille kuvassa. Kerrokselle yksi tallennetaan kaikki terällä leikattavat viivat, jotta leikkuri ymmärtää leikata ne. Kerrokselle 4 tallennetaan hakkimerkit ja kerrokselle 8 kynämerkit. Taulukosta 8.2. näkee DXF AAMA-tiedostomuodon eri kerrosten viivatyypit.

Layer number	Alternative Layer Name	Tool
1	CUT, OUTLINE	Rotary Blade
4	NOTCH	Notch or drag blade
8	DRAW, INK	Marker tool
9	STRIPE	Grid or Stripe reference
10	MARKER	Marker or Plaid reference
11	INTCUT	Rotary or drag blade
12	DRILL	Drill punch
15	TEXT	Annotations
29	TEXT	Marker
26	REF	Reference

Taulukko 8.2. DXF AAMA tiedostotyyppien eri kerrosten viivatyypit [43]

Samankaltaisia ongelmia tiedostomuotojen suhteen on myös 3D-ohjelmistoissa. Viime vuosina yleinen avoimuus on kuitenkin lisääntynyt ja yhteistyö valmistajien välillä on kasvanut. On tehty suunnitelmia ja tutkimuksia yleisen 3D-tiedostomuodon kehittämiseksi. Suomessa VTT on jo vuonna 2006 tutkinut yhdessä yritysten ja yhteisöjen kanssa yleisen tiedonsiirtoformaatin käyttöä. Mikäli teknologia saataisiin ulotettua läpi koko suunnittelu-valmistus -ketjun, läpimenoajat saattaisivat nopeutua jopa 30-70 %. Hankkeen perusajatus on liittää tuotemalliin tarvittava tieto niin yleisessä muodossa, että erillisiä vienti- ja tuonti- tai käännöstyökaluja ei enää tarvittaisi. [44] Vaatetusteollisuudelle tarkoitetuissa ohjelmistoissa tämän kaltainen avoimempi ajatusmalli ei ole vielä ajankohtainen. DXF AAMA-tiedostotyyppi ratkaisee alalle ominaisen ongelman eikä 3D-tiedostoja sellaisenaan ole tarve liittää CAM-järjestelmiin.

8.2 Ohjelmistojen käyttöön tarvittava koulutus

3D-teknologiaan siirryttäessä täytyy panostaa henkilöstön koulutukseen. Riippuen lähtötasosta koulutusta tarvitaan jotta ohjelmistosta saataisiin maksimaalinen hyöty irti. Esimerkkinä peruskoulutuspackageista voidaan mainita vaikka Browzwearin peruskoulutusohjelma VStitcher ohjelmistoon. Se koostuu kahdesta osasta, joista ensimmäinen kestää viisi päivää ja on mahdollista suorittaa etänä WebEx-seminaarin eli reaaliaikaisen verkkotapaamisen avulla. Ensimmäisessä osassa käydään läpi ohjelmiston ominaisuudet ja toiminnot. Toinen osa koostuu käytännön harjoituksista. Koulutus pidetään asiakkaan tiloissa räätälöitynä koulutuksena ja siinä pyritään hyödyntämään asiakasyrityksen tuotteita harjoitusmateriaalina ja tekemään yksi tuote valmiiksi alusta loppuun asti. Tämä käytännön harjoitusosuus kestää kolme päivää. Tämän peruskoulutuksen jälkeen on saatavissa lisäkoulutusta. Tämän lisäksi on saatavissa erikseen muutaman tunnin viewer-koulutus niille, joiden työnkuvaan kuuluu ainoastaan 3D-tuotteiden katselu ja kommentointi. Browzwearin mukaan ohjelmiston kokonaisvaltaisen käytön omaksumiseen kuluu aikaa noin kolme kuukautta.

Ohjelmistoyritykset tarjoavat koulutusta monessa eri muodossa. Standardoitujen peruskurssien lisäksi voidaan suunnitella räätälöityä asiakaskohtaista koulutusta, Web-seminareja tai videokoulutusta. Myös erilaiset internet-selaimen välityksellä suoritettavat verkkokurssit, jotka suoritetaan omaan tahtiin ilman ohjausta, ovat yleistyneet. Yritykset tarjoavat myös puhelintukipalveluita, jos ohjelmiston käytön kanssa ilmenee ongelmia.

On valittava tarkkaan, ketkä yrityksen henkilöstöstä valitaan käyttöönoton aloittajiksi. On myös analysoitava objektiivisesti, ketkä suunnittelijat sopivat ammattitaidoiltaan ja motivaatioiltaan parhaiten ensimmäisiksi käyttäjiksi. Ensimmäisiltä käyttäjiltä voidaan odottaa kunnianhimoa, innovatiivisuutta ja valmiutta vastaanottaa uusia haasteita. Heille on myös järjestettävä uuden teknologian omaksumiseen tarvittava aika ja jätettävä normaalit päivärutiinit vähemmälle. Ensimmäiset käyttäjät ovat todennäköisesti osajia, jotka auttavat siirtymävaiheessa ja joilta tulevaisuudessa tullaan kysymään ohjeita ongelmatilanteissa.[45]

On yleistä, että suurimmat vaikeudet 3D-teknologian omaksumisessa ovat samoja kuin kaikissa CAD-ohjelmistojen opiskelussa ja liittyvät koulutettavien asenteeseen. Valitettava asennevamma uuden opettelua kohtaan on tosiasia joidenkin koulutettavien tapauksessa ja sen korjaaminen vaatii kouluttajalta paljon luovuutta ja pitkäjänteisyyttä. Monesti nämä henkilöt on koulutettavien vanhemmasta päästä ja on aistittavissa, että he konkreettisesti vain odottelevat eläkkeelle pääsyään. Motivaatio työn tekemiseen ja ammattitaidon kehittämiseen on kateissa. Onneksi näiden vaikeiden tapausten määrä on pieni ja koko ajan vähenemään päin. Todellisuudessa he eivät osaa hahmottaa, mitä kaikkea tietojärjestelmien ja ohjelmistojen avulla voitaisiin tehdä. Asiat tuntuvat vaikeammilta eikä helpommilta, joten on ymmärtävää, ettei kiinnostusta uusien tekniikoiden opetteluun ole.

Joskus 3D-mallien hahmottaminen on joillekin ihmisille aluksi vaikeampaa kuin toisille. Joskus koulutettavat eivät osaa kääntää mallia vaan aluksi yritetään kurkata mallin taakse kääntämällä päätä ja näyttöä. Tämä on kuitenkin helposti korjattavissa ja poistuu itsestään kunhan silmät tottuvat ja mallin kääntelemiseen tarkoitetut työkalut tulevat tutuiksi.

9 CASE: 3D-OHJELMISTON AVULLA SAAVUTETUT HYÖDYT (MODARIS 3D FIT JA KAPPAHL)

Ruotsalainen KappAhl on käyttänyt Lectran ohjelmistoja vuodesta 1993. KappAhlilla on lähes 350 myymälää Ruotsissa, Suomessa, Norjassa, Puolassa ja Tsekin tasavallassa. Myymälöiden lisäksi tuotannollisia asioita hoitavia pienempiä toimistoja on Liettuassa, Turkissa, Intiassa, Bangladeshissa Hongkongissa ja Kiinassa. KappAhl myy naisten-, miesten- ja lasten vaatteita sekä sisä- että ulkokäyttöön. Valikoimiin kuuluu myös alus- ja yöasuja. KappAhlilla on globaalisti noin 4 300 työntekijää ja se teki viime tilikaudella liikevoittoa 525 miljoonaa ruotsin kruunua.[46]

Modaris kaavoitus-ohjelmisto otettiin KappAhlissa käyttöön heti sen ilmestyttyä 1996 ja 2006 yritys alkoi hyödyntää Modaris 3D Fit-ohjelmistoa, vaikka ohjelmisto julkaistiin virallisesti vasta helmikuussa 2007. Tätä ennen KappAhl oli mukana myös Modaris 3D Fit:n tuotekehitystyössä. Yrityksen panos erityisesti kangassimulaatioiden kehityksessä, kankaan ominaisuuksien totuuden mukaisessa mallintamisessa ja analysointityökalujen kehittämisessä on ollut tärkeä.

Tällä hetkellä KappAhlilla 13 teknikkoo, jotka tekevät töitä mittojen, vaatteiden istuvuuden ja kaavoituksen parissa. He käyttävät päivittäin hyödykseen Modaris 3D Fit:ä. Kuten aiemminkin kaavat luodaan Modaris ohjelmistossa mallisuunnittelijoiden piirrosten pohjalta. ”Valmiit kaavat simuloidaan Modaris 3D Fit ohjelmistolla ja pystymme tutkimaan vaatteen ulkomuotoa ja miten se istuu virtuaalimallin päälle. Voimme helposti muuttaa mallia jos on tarpeen. Saumojen paikkaa voidaan muuttaa ja helmaan voidaan lisätä pituutta tai vähentää sitä. Tämän jälkeen näytämme kuvan suunnittelijoille tai ostajille ja he voivat antaa palautetta enne ensimmäisen prototyypin valmistamista. Mahdollisuus tehdä muutoksia jo ennen varsinaisen protomallikappaleen valmistumista, on nopeuttanut prosessiamme valtavasti.” Kertoo Lotta Silow, joka toimii KappAhlilla tuotannon teknisenä koordinaattorina. [47]

KappAhl testasi Modaris 3D Fit:ä aluksi muutamilla vaatteilla. Valituilla tuotteilla he rakensivat virtuaaliset prototyypit, tekivät tarvittavat muutokset ja lähettivät valmiit kaavat kuvineen tehtaalte Aasiaan. Kun fyysinen mallikappale saapui, se sovitettiin mallin päälle ja huomattiin, että se istui erinomaisesti eli tuote oli valmis sarjontaan ja tuotantoon. Tähän koko prosessiin kului kuusi päivää. Aiemmallalla toimintatavalla tähän kaikkeen olisi kulunut noin kuusi viikkoa.[48]

Mallitusprosessin lyhenemisen lisäksi säästöjä kertyy materiaalisäästöistä, logistiikkakuluista ja työkustannuksista, kun mallikappaleiden määrä vähenee merkittävästi. [49]

Kun Modaris 3D Fit saatiin integroitua KappAhlin tuotekehitysprosessiin, säästöjä syntyi myös tiedon vaihdon nopeutumisesta ja tarkentumisesta. Yhteistyö suunnittelijoiden, kaavoituksen ammattilaisten, myynti- ja markkinointitiimien ja alihankkijoiden kesken selkeytyi. Prosessi muuttui interaktiivisemmaksi ja päätöksenteko prosessi nopeutui. Myös eri KappAhlin eri tuotemerkkien hallinta on nyt selkeämpää, kun kokonaisuudet voidaan nähdä ennen mallikappaleiden valmistumista.[47]

10 YLEISIÄ JOHTOPÄÄTÖKSIÄ 3D-OHJELMISTOJEN TARPEELLISUUDESTA

Niin hyvältä kun mainoslauseet eri 3D-ohjelmistoista vaatetusalalle kuulostavatkin kaikki vesittyä sillä, että 3D-malliin tehty muutokset eivät siirry automaattisesti taaksepäin 2D-kaavoihin. Ohjelmistot eivät siis pysty siirtämään kolmiulotteisessa maailmassa tehtyjä muutoksia kaksiulotteisiin kaavoihin riittävällä tarkkuudella materiaalista riippumatta. Tämä ei onnistu vaatteelle kuin hyvin yksinkertaisessa tapauksessa. Joissain tapauksissa tämä on mahdollista, varsinkin jos kyseessä on vartalonmyötäinen tiukka vaate, joka valmistetaan yksinkertaisesti venymättömästä kankaasta ja ommellaan useasta eri palasta. Tämä ei kuitenkaan ole yleistettävissä kaikkiin vaatteisiin ja kaikkiin materiaaleihin. 3D-malliin voidaan piirtää apuviivoja ja tehdä merkintöjä mutta varsinaiset muutokset täytyy tehdä erillisellä työkalulla tai kaavan muokkausohjelmistossa.

Teknologian puolesta flattening-toiminto 3D-mallista kaksiulotteiseksi kaavaksi on mahdollista yksinkertaisille kappaleille. Se on yleisessä käytössä niin huonekaluteollisuudessa kuin teknisten tekstiilienkin parissa. Kulmikkaille ja muille selkeämuotoisille kappaleille algoritmit toimivat paremmin kuin pyöreille ja epäsäännöllisille kappaleille. Muotoleikkaukset, poimutukset, laskokset, vikit ja muut vaatteen kolmiulotteisen muodon aikaansaavat yksityiskohdat tekevät vaatteen kaavojen muodostamisen haastavaksi, eikä se onnistu vielä tarvittavalla tarkkuudella. Mitä enemmän yksittäisiä kankaan kappaleita muodostavat vaatteen sen tarkempaan tulokseen päästään, mutta enemmän kappaleita tarkoittaa myös enemmän ommeltavia saumoja, jolloin vaatteen valmistamiseen kuluva aika kasvaa ja hinta nousee.

Vaatteen muodon lisäksi kankaan vaikutus kappaleen kaavan muotoon on suuri. Kankaiden ominaisuudet vaihtelevat merkittävästi. Laadultaan sama trikookangas voi käyttäytyä eri tavalla riippuen väristä. Jokainen kangaslaatu ja väri pitää siis erikseen tutkia ja luoda järjestelmään, jotta sitä voitaisiin hyödyntää kokonaisuudessa. Tämä vie aikaa ja on kallista. Osa ohjelmistovalmistajista tarjoaa ohjelmistoon sopivan testausjärjestelmän, mutta senkään avulla realistisen tuloksen saaminen ei ole varmaa. Totuuden mukaisuus paljastuu vasta varsinaisessa sovituksessa. Ajan myötä ohjelmiston käyttäjien tietoisuus analysointityökalujen realistisuudesta paranee ja prosessi nopeutuu. On kuitenkin kyseenalaista kannattaako jokaista kangasta ruveta testaamaan ja luomaan järjestelmään, jos kangasta käytetään ainoastaan yhdessä ainoassa tuotteessa. Jos malliompelimo sijaitsee lähellä voi olla nopeampaa tehdä mallikappale kuin ryhtyä testaamaan kankaan ominaisuuksia ja luomaan sitä järjestelmään, varsinkin jos analyysin tuloksista ei voida olla varmoja.

Useimmiten kaavoitukselliset ongelmat havaitaan vasta kun sovitushanannekiini liikkuu. Vaikkakin ohjelmistojen virtuaalimannekiinien asentoa voidaan muuttaa, ovat muutokset vielä tiukasti rajattuja. Varsinaista analyysiä siitä miten vaate käyttäytyy mallin kävellessä, juostessa, istuessa tai kumartuessa ei vielä ole mahdollista tehdä. Ohjelmistojen avulla saadaan helposti kokonaiskuva miltä vaate näyttää valmiina, mutta se ei vastaa kysymykseen miltä vaate tuntuu päällä. Se miten todennukaisiksi kankaan fyysiset ominaisuudet on saatu mallinnettua ja kuinka analysointityökalut toimivat, vaikuttaa merkittävästi 3D-ohjelman hyödyllisyyteen.

Kuva on aina havainnollisempi kuin sanallinen selitys, ja kolmiulotteisten mallien tulkitseminen on paljon helpompaa kuin samaa mallia kuvaavien staattisten 2D-piirustusten. Globaalissa ympäristössä kuvan avulla voidaan siis päästä kielimuurin yli ja minimoida mahdolliset väärinkäsitykset. Laadukas dokumentaatio voi olla myös tärkeä imagotekijä ja 3D-ohjelmistojen avulla voitaisiin luoda vaatebrändi, joka seuraa aikaansa ja on ekologinen myös tuotekehitysprosessiltaan. Brändiä varten saatettaisiin löytää teknologiaorientoituneita kuluttajia joihin ekologisuus myös tuotanto ja kehitysprosessissa vetoaa. Vaatetusyritys voisi säästää luontoa teknologian avulla.

10.1 Miten valita oikea ohjelmisto

Oikean ohjelmiston valitseminen on usein hankala prosessi, jossa haasteita asettaa kaikkien vaadittavien näkökulmien huomioiminen. Pohtiessaan vaatetusalan 3D-ohjelmiston hankkimista on yrityksen selvittävä vastaus ainakin seuraaviin kysymyksiin, jotta se voisi valita sopivimman ohjelmiston ja maksimoida sen avulla saavutettavan hyödyn.

- Miten kaavat tehdään nyt? Kuka ne tekee, tehdäänkö alusta asti uusia vai muokataanko vanhoja? Toimiiko sarjonta oikein? Toimiiko prosessi vai halutaanko sitäkin kehittää? Tarvitseeko pohtia leikkuuasetelman tekoa vai onko se ulkoistettu?
- Mitä muita ohjelmistoja on käytössä tällä hetkellä? Osaako uusi 3D-ohjelmisto lukea jo käytössä olevien ohjelmistojen tuottamaa dataa suoraan vai tarvitaanko erillinen käännösohjelma?
- Onko uudesta ohjelmistosta siirrettävissä informaatiota MS Exceliin, MS Wordiin tai muihin yrityksen tietojärjestelmäratkaisun osina toimiviin yleisiin ohjelmistoihin? Joskus voi olla tarpeen siirtää esimerkiksi mittataulukko nähtäväksi myös muissa ohjelmistoissa kuin kaavoitusohjelmassa.
- Onko kankaiden simulointi totuudenmukaista minun yritykseni tuotteille ja käyttämilläni materiaaleilla?
- Tarvitaanko mittatilausohjelmistoa?
- Millainen on yrityksen tulevaisuus? Onko laajenemissuunnitelmia uusille tuotealueille? Pyritäänkö keskittymään ydinosaamiseen ja ulkoistamaan joitain toimintoja yhteistyökumppaneille?

Pohtimalla kokonaiskuvaa näiden kysymysten avulla valintaprosessi helpottuu. Vaikka vaatetusalan 3D-ohjelmistot vaikuttavat samankaltaisilta, erojakin on. On mietittävä tarkkaan mikä on tarve ja valittava ohjelmisto, joka parhaiten pystyy vastaamaan tähän tarpeeseen. Oikealla päätöksellä voidaan varmistaa että saadaan 3D-ohjelmistosta suurin mahdollinen hyöty ja sijoitetun pääoman tuotto maksimoitua. Käyttäjien tuominen mukaan jo valintavaiheessa motivoi käyttäjiä ja helpottaa ohjelmiston käyttöönottovaihetta.

11 TULEVAISUUDEN OHJELMISTOKEHITYS

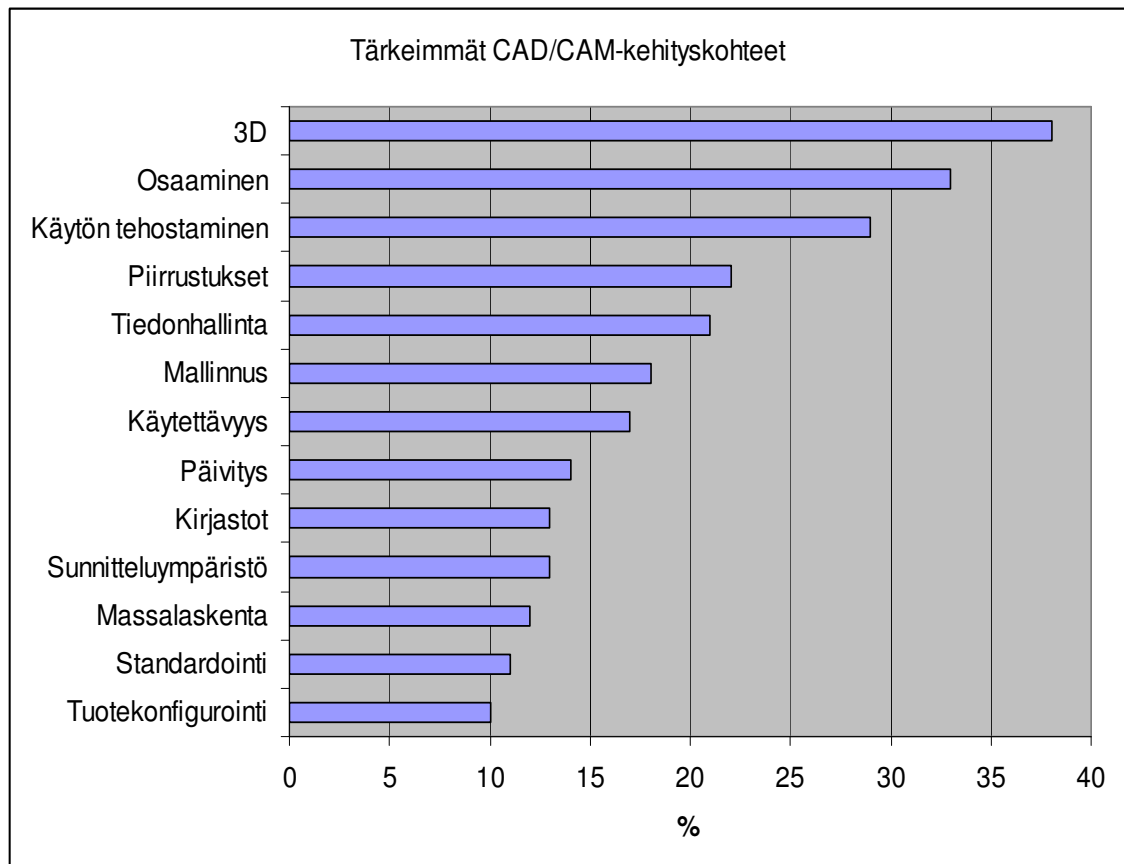
Kuten Euroopan komissiolle vuonna 2003 annetussa Tekstiili- ja vaatetusalan tulevaisuus laajentuneessa Euroopan unionissa-raportissa analysoidaan, on tehokkaasta tiedonhallinnasta tullut tekstiili- ja vaatetusosalalla kilpailukyvyn säilyttämisen avaintekijä, esimerkiksi toimitusketjun hallinnoinnin parantamisessa, tiedonvaihdossa, virtuaalisten verkostojen luonnissa, pienempien erien käsittelyssä ja toimitusajan lyhentämisessä. Tällä hetkellä pääasiassa alan suuret yritykset harjoittavat yritystenvälistä sähköistä kaupankäyntiä, jossa eräät tieto- ja viestintätekniikan tarjoamista suurimmista eduista on nähtävissä. Kilpailukykyä säilyttämiseksi pk-yritysten on pyrittävä hyödyntämään yritysten välistä sähköistä kaupankäyntiä, jotta ne voivat yhdistää hajanaiset toimintonsa ja etsiä maailmanlaajuisesti tavarantoimittajia ja markkinoita.[50] Raportissa painotetaan myös yhteensopivien järjestelmien kehittämistä, jotta pk-yritykset voivat paremmin nauttia näistä eduista.

Englantilainen Niki Tait johtaa tällä hetkellä Apparel Solutions nimistä konsultointiyhtiötä. Hänellä on kokemusta vaatetusosalta yli 30 vuotta ja hänet on valittu kunniajäseneksi muun muassa International Textile Institute:n ja Clothing and Footwear Institute:n. Jo vuonna 2003 hän kirjoitti artikkelin www.just-style.com internetsivustolle CAD- ja CAM-järjestelmien tulevaisuudesta vaatetusteollisuuden alalla. Artikkelissa hän toteaa, että yksinkertaisuus, simulointi ja personalisointi ovat trendejä CAD-/CAM-järjestelmien kehityksessä vaatetusosalalla. Näissä kolmessa aihealueessa on saatu paljon aikaan, mutta tehtävää riittää myös tulevaisuuteen. Artikkelissaan Tait kertoo myös 3D-suunnittelun ja mallinnuksen kehityksestä ja ennustaa, että hyvin pian 3D-malliin tehdyt muutokset saadaan siirtymään 2D-kaavoihin. [51] Todellisuudessa Tait:n ennustus ”ihan pian” ei ole toteutunut vielä. Ohjelmistot eivät vielä kykene siirtämään 3D-malliin tehtyjä muutoksia 2D-kaavoihin sillä tarkkuudella että tämä ominaisuus olisi lisätty ohjelmistoihin. Optitexin 3D Runway Designer 3D Flattening-ohjelmistomodulissa tämä toiminto on, mutta senkin kanssa on vielä ongelmia. Erityisen hyvin sen puuttuminen on kyllä osattu jättää mainitsematta. Tämän toiminnon puute vesittää osittain koko hienouden ja saa kaikki 3D-ohjelmistot tuntumaan puutteellisilta.

3D-ohjelmistojen parissa riittää työsarkaa myös kankaiden analysoinnissa ja parempien simulaatiolaskelmien parissa. Venyvyys-, paksuus- ja laskeutuvuusalgoritmeja voidaan parantaa vielä hurjasti vastaamaan todellisuutta realistisemmin. 3D-mallien kerroksellisuudessa on myös paljon kehitettävää. Todellisuudessa ihminen pukee useita vaatteita päällekkäin ja tämänkaltaisen

kerrospukeutumisen mallintaminen ei vielä nykyisillä ohjelmistoilla onnistu kovin hyvin ja luotettavasti.

CAD/CAM-yhdistyksen jäsenilleen vuoden 2010 maaliskuussa tekemän kyselytutkimuksen mukaan eniten kehitettävää CAD- ja CAM-ratkaisuissa on juuri 3D-teknologian sovelluksissa. Osaamisessa ja käytön tehostamisessa on myös kehitettävää. Ohjelmistokehityksen kannalta tärkeimmiksi kehityskohteiksi koettiin piirustukset ja tiedonhallinta.[52] Tarkemmat tiedot tutkimuksen tuloksista ovat näkyvissä kuvassa 11.1.



Kuva 11.1. Tärkeimmät CAD-/CAM-kehityskohteet

Tiedonhallinta on selkeästi havaittavissa tärkeäksi painoalueeksi ohjelmistokehityksessä myös vaatetusteollisuudelle tarkoitettujen ohjelmistojen saralla. Erilaiset tuotetiedon ja tuotteen koko elinkaaren hallintaan pyrkivät PDM- ja PLM-kokonaisratkaisut ovat esillä alan seminaareissa ja ohjelmistoyhtiöiden markkinointikampanjoissa.

PLM-ratkaisuilla pyritään erilaisten ohjelmistokokonaisuuksien avulla hallitsemaan kaikki tuotteeseen liittyvät tiedot ja suunnitteluprosessit. PLM-ratkaisujen avulla yritykset voivat jakaa tuotteeseen liittyvää tietoa yhteistyökumppaneilleen. Kokonaisratkaisu kerää kaikki tuotteeseen liittyvät tiedot yhteen tietojärjestelmään koko toimintaketjun helposti saavutettavaksi. Pyrkimys on selkeästi globaaliin kokonaisratkaisuun, jolloin kaikilla toimijoilla ympäri maapallon olisi ajantasainen

viimeisin tieto koko ajan. Tiedon kulkua ja sitä miten sitä hyödynnetään, voidaan seurata ja tuotteen liikkeitä suunnittelupöydältä kaupanhyllylle voitaisiin monitoroida ja nopeuttaa tuotantoketjua entisestään. PLM-järjestelmä on yhteydessä yrityksen tuotannonohjausjärjestelmiin ja laitetasolla myös tuotantokoneisiin.

Tämän kaltaiset suuren luokan kokonaisratkaisut on ensisijaisesti tarkoitettu suurille yrityksille, joilla on toimintaa useassa eri maassa ja joilla on tuotantoa omissa tehtaissa. Kokonaisratkaisu on kallis ja se miten kustannukset jaetaan, on jokaisen yhtiön ratkaistava yhdessä kumppaneidensa kanssa. PLM projektit ovat laajoja ja kalliita monen vuoden investointeja ja niihin sisältyy runsaasti konsultointia, kun järjestelmä räätälöidään asiakkaan tarpeisiin ja siihen integroidaan kunkin asiakkaan omat tavat toimia ja jo olemassa olevia järjestelmiä mahdollisuuksien mukaan. Järjestelmien yhteensopivuus ja vanhan tiedon hyödyntämiseen liittyvät ongelmat ovat yleisiä ja niiden parissa riittää ratkottavaa tulevaisuudessa.

PLM-ratkaisut ovat liian suuria ja kalliita investointeja suurimmalle osalle suomalaisista vaatetusalan yrityksistä. Pienet ja keskisuuret yritykset toimivat ulkomailla usein agentin kautta ja vaikka yhteistyötä tehtäisiinkin tiiviisti tiettyjen tehtaiden kanssa, on aina riski suunnitella näin isoa yhteistyöhanketta. Vaikkakin profiilioikeuksien avulla voidaan rajata tietoa, jota kukin toimija pääsee katsomaan tai muokkaamaan on koko toimintaketjun jakaminen iso asia. Taloudellisen riskin ohella pitää yhteistyökumppanin lisäksi luottaa myös kyseisen maan infrastruktuuriin ja sen kehittymiseen myös jatkossa haluttuun suuntaan.

Nykyisellään eri järjestelmien toimivuus ja tiedonsiirto eri yritysverkkojen välillä on usein ongelmallista, koska ne muodostuvat monien eri yritysten kehittämistä ohjelmistosovelluksista, eivätkä ne välttämättä toimi yhdessä. Järjestelmän avulla sopimusvalmistajat voidaan kuitenkin kytkeä suoraan päämiehen järjestelmään rajoitetuilla käyttöoikeuksilla, mikä lisää huomattavasti tuoteprojektien tehokkuutta sekä nopeutta.

Tuotetiedon- ja muutostenhallintaa voidaan kuitenkin kehittää myös pienemmässä mittakaavassa. Vaatetusteollisuudelle tarkoitetut PDM-ratkaisut ovat hyödyllisiä myös pienemmille yrityksille ja tiedonhallinnasta saatavat hyödyt ovat helposti konkretisoitavissa. Erilaisten dokumenttien kehittäminen asiakkaan tarpeiden mukaan ja ohjelmistojen yhdistäminen kokonaisuuksiksi, joita voidaan muokata tietokantapohjaisesti, jolloin muutokset päivittyvät automaattisesti kaikkiin tarvittaviin dokumentteihin, on vielä alkutekijöissä ja kehitettävää riittää. Toivottavasti yhteistyö eri toimijoiden välillä saadaan avoimemmaksi ja tiedostomuodot paremmin yhteensopiviksi. Tehokkaasta tiedonhallinnasta on tullut tekstiili- ja vaatetusallalla kilpailukyvyyn säilyttämisen avaintekijä. Esimerkiksi toimitusketjun hallinnoinnin parantamisessa, tiedonvaihdossa, virtuaalisten verkostojen luonnissa, pienempien erien käsittelyssä ja toimitusajan lyhentämisessä on paljon mielenkiintoisia tutkimuksen ja tuotekehittelyn osa-alueita. Erilaisina verkkokaupankäynnin mahdollistavia sovelluksia tullaan varmasti myös kehittämään tulevaisuudessa.

On kyseenalaista, tulevatko 3D-ohjelmistot yleistymään suomalaisten vaatetusteollisuuden yritysten keskuudessa. Investointi on liian kallis eikä se tuo suunnittelu- ja tuotantoprosessiin mitään niin mullistavia uusia ominaisuuksia että siihen kannattaisi ryhtyä. Enemmän potentiaalia on 3D-vartalokannuksen luomissa mahdollisuuksissa. Mittatilausvaate on aina erityinen ja sillä tulee pysymään tietty lisäarvo, josta kuluttaja on valmis maksamaan. Internetissä tapahtuvaan kaupankäyntiin 3D-teknologia avaan mahdollisuuksia, joita toivottavasti tulemme näkemään myös kotimaisten vaatetusteollisuuden yritysten hyödyntävän.

LÄHTEET

[1] Laakko, Timo. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu. 1. painos. Porvoo 1998, WSOY. 311 s.

[2] 3D-käyttöönotto: pikaopas 2D CAD –käyttäjille. Machine Design. [WWW]. [Viitattu 6.9.2010] Saatavissa:
http://www.finsw.net/wb/media/File/Going_3D_Guide_FI.pdf

[3] Halima, Tommi. Silén, Jukka. Kuokkanen, Sanna. 3D-mallinnus. Tampere 1999, Tampereen teknillinen korkeakoulu. Raportti/ Materiaaliopinlaitos Muovitekniikka 16/1999. 46 s.

[4] Teknillinen korkeakoulu. 2002. Tietoliikenne ohjelmistojen ja multimedian laboratorio. Tietokonegrafiikan seminaari. [WWW]. [viitattu 04.10.2010] Saatavissa:
http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/Tik-111.500/2002/paperit/antti_kangas.pdf

[5] Floss manuals.[WWW].[Viitattu 10.09.2010] Saatavissa:
http://en.flossmanuals.net/floss/pub/Blender/tex_14.jpg

[6] Karban, John. Tuotantopäällikkö Fire-Dex Ltd. 2007. Bordeaux. Lectra World sisäinen koulutusseminaari. Esitelmä, omat muistiinpanot

[7] Customer testimonials. Lectra. [WWW]. [Viitattu 16.9.2010] Saatavissa:
http://www.lectra.com/binaries/Lectra_customersuccessstory_Fire-Dex_IndustrialFabric_en_US_DiaminoFashion_VectorFashion_tcm31-136034.pdf

[8] Apparel softwares. Gerber technology. [WWW]. [Viitattu 9.9.2010] Saatavissa:
<http://www.gerberetechnology.com/default.asp?contentID=8>

[9] ACG Nyström. [WWW]. [Viitattu 9.9.2010] Saatavissa:
<http://www.acgnystrom.fi/?sivu=200&id=212>

[10] Lectra Expands it's knowledge. [WWW]. [Viitattu 15.6.2005]
http://www.lectra.com/en/press/press_releases/business.html

[11] Vormisto, Merja. 2006. Lectra Finland Oy. Espoo. Haastattelu ja keskustelut vuonna 2006.

[12] Vaatetusalanohjelmat.Fashion Team. [WWW]. [viitattu 15.10.2008] saatavissa:
<http://www.fashionteam.fi/vaatetusalanohjelmat/>

[13] Apuvälineohjelmat[WWW]. [viitattu .9.9.2010] Saatavissa:
<http://www.kaspaikka.fi/koti/nuoppone/tietotekniikka/valmistus.htm#Apuvälineohjelmat>

[14] Softwares. Pattern Maker. [WWW]. [Viitattu 9.9.2010] Saatavissa:
<http://www.patternmakerusa.com/PatternMakerStore/software.html>

- [15] Knowledge Base. Pattern Maker. [WWW]. [Viitattu 9.9.2010] Saatavissa: <http://www.patternmakerusa.com/kb/knowledgebase.html>
- [16] Our process. Ink Drop Printing. [WWW]. [Viitattu 20.09.2010] Saatavissa: http://www.inkdropprinting.com/process.htm#Image_proof
- [17] Human solutions. [WWW]. [viitattu 03.10.2010] saatavissa: http://www.human-solutions.com/apparel/products_figura_en.php
- [18] Cornell University College on Human Ecology. Body scan visualized [WWW]. [viitattu 7.9.2005]. Saatavissa: <http://www.bodyscan.human.cornell.edu/sceneba0c.html>
- [19] E-Tailor. Final results.[WWW]. [Viitattu 02.10.2010] saatavissa: <http://www.euratex.org/content/e-tailor-final-results-integration-3d-body-measurement-advanced-cad-and-e-commerce-technolog>
- [20] New development. C&A. [WWW]. [viitattu 03.10.2010] saatavissa: <http://www.c-and-a.com/aboutUs/company/trend/>
- [21] Fact & Figures. C&A. [WWW]. [viitattu 03.10.2010] saatavissa: <http://www.c-and-a.com/aboutUs/company/factsFigures/>
- [22] About Induyco. [WWW]. [viitattu 03.10.2010] saatavissa: http://www.induyco.es/induyco/eng/01_acerca_de.htm
- [23] 3D Bodyskannauksen soveltaminen tekstiili-, vaatetus- ja venealalla. Loppuraportti. Centria.[WWW]. [viitattu 03.10.2010] saatavissa http://www.cop.fi/kirjastosivut/julkaisumyynti/julkaisut/bodyscan_loppuraportti.pdf
- [24] Business concept. LeftFoot Company 2007. [WWW]. [Viitattu 16.12.2009] <https://shop.leftfootcompany.com/2007/Company.aspx>
- [25] Bodymetrics. Services. [WWW]. [Viitattu 16.09.2005] Saatavissa: <http://www.bodymetrics.com/>
- [26] Pihlajakangas, Heidi. Bodyskannausta moottoripyörämessuilla. Toolilainen-Tekniikan opettajien järjestölehti 3/2007 TOOL ry Helsinki
- [27] Pihlajakangas, Heidi. Bodyskannausta moottoripyörämessuilla. Tekstiiliehti 3/2007 Suomen Tekstiiliteknillinen Liitto ry
- [28] Tieto- ja viestintätekniikan käyttö 2008 [WWW]. [Viitattu 37.10.2010] Saatavissa: http://www.stat.fi/til/sutivi/2008/sutivi_2008_2008-08-25_kuv_003.html
- [29] Tieto- ja viestintätekniikan käyttö 2008 [WWW]. [Viitattu 37.10.2010 Saatavissa: http://www.stat.fi/til/sutivi/2008/sutivi_2008_2008-08-25_kuv_002.html

[30] Itella teki Suomen laajimman tutkimuksen kuluttajien suhtautumisesta verkkokauppaan. [WWW]. [Viitattu 16.9.2010] Saatavissa: http://www.itella.fi/tiedotteet/2008/20080403_verkkokauppatutkimus.html

[31] Verkkokauppatutkimus. Smilehouse Oy. [WWW]. [viitattu 16.9.2010] Saatavissa: <http://www.smilehouse.fi/uutiset/2009-01-19-smilehouse-verkkokauppa-tutkimus-kuluttajien-ostokayttaytyminen>

[32] Fan, J., Yu, W. & Hunter, L. 2004 Clothing appearance and Fit: Science and technology. Cambridge: Woodhead Publishing Limited (in association with The Textile Institute). 260 s.

[33] Browzwear. Company profile. [WWW]. [viitattu 12.09.2010] Saatavissa: <http://www.browzwear.com/profile.htm>

[34] C-DESIGN Fashion. Solutions. [WWW]. [Viitattu 1.11.2010] Saatavissa: http://www.cdesignfashion.com/ver_us/us_solutions.php

[35] C-DESIGN Fashion. v4 Functions. [WWW]. [Viitattu 1.11.2010] Saatavissa: http://www.cdesignfashion.com/ver_us/us_fonctionnalites.php

[36] E. Cerda, L. Mahadevan, J. M. Pasini. The elements of draping *PNAS* 2004 101 (7) 1806-1810 [WWW]. [Viitattu 26.10.2010] Saatavissa: <http://www.pnas.org/content/101/7/1806.full.pdf+html>

[37] Torikka, Tuija. Vaatemalliston digitaalinen markkinointi. 2010. Lahden ammattikorkeakoulu, Mediatekniikka, Teknisen visualisoinnin suuntautumisvaihtoehto Opinnäytetyö. [WWW] [Viitattu 26.10.2010] Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16603/Torikka_Tuija.pdf?sequence=2

[38] Ammattinetti. Teollinentyö. [WWW]. [Viitattu 26.10.2010] Saatavissa: http://www.ammattinetti.fi/web/guest/alaId=14&_akyssearchammattiala_INSTANCE_6tRI_command=detailView&_akyssearchammattiala_INSTANCE_6tRI_subAlaId=14

[39] Tilastotietoa tekstiili- ja vaatetusteollisuudesta 2009. Finatex Ry. [WWW]. [Viitattu 10.09.2010] Saatavissa: http://www.finatex.fi/media/Tkirja_2009.pdf

[40] Isomäki H., Päykkönen K. & Sankari A. Ikääntyneet ja tietotekniikan käytettävyys. *Gerontologia* 17 (2003) : 3 Jyväskylä 2003. Kasvun ja vanhenemisen tutkijat ry. s.149-154.

[41] Rauhala-Hayes M., Topo P. & Salminen A-L. Kohti esteetöntä tietoyhteiskuntaa. Helsinki: SITRA 1998. [WWW]. [viitattu 20.11.2006]. Saatavissa: <http://194.100.30.11/tietoyhteiskunta/suomi/st2f.htm>

- [42] Kaipainen, Minna ”KEN TILAUSPUKUA KÄYTTÄÄ, HÄN HERRASMIEHELTÄ NÄYTTÄÄ”. Joensuun yliopiston kasvatustieteellisiä julkaisuja 125. [WWW]. [Viitattu 29.9.2010] Saatavissa: http://joypub.joensuu.fi/publications/dissertations/kaipainen_tilauspukua/kaipainen.pdf
- [43] Aeronaut Automation. Automated Cutting Systems and Software. DXF-AAMA. [WWW]. [Viitattu 28.10.2010] Saatavissa: <http://www.aeronaut.org/downloads/DXF-AAMA.pdf>
- [44] Tervola, Janne. Yleinen 3D-tiedostomuoto etenee hitaasti. [WWW]. [Viitattu 28.10.2010] Saatavissa <http://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/article142272.ece>
- [45] 3D-käyttöönotto: pikaopas 2D CAD –käyttäjille. Machine Design. [WWW]. [Viitattu 6.9.2010] Saatavissa: http://www.finsw.net/wb/media/File/Going_3D_Guide_FI.pdf
- [46] Year-end report 2009/2010. KappAhl. [WWW]. [Viitattu 4.11.2010] Saatavissa: <http://investors.kappahl.com/files/press/kappahl/1447162-1.pdf>
- [47] News from ITMA 2007. The International Exhibition of Textile Machinery. [WWW]. [Viitattu 28.06.2008] Saatavissa: <http://www.inteletex.com/adminfiles/PDF/itmadaailynews2007issue3.pdf>
- [48] Customer Testimonials. KappAhl. Lectra. [WWW]. [Viitattu 7.9.2010.] Saatavissa: http://www.lectra.com/binaries/Lectra_customersuccessstory_KappAhl_Fashion_en_Sweden_Modaris3DFit_tcm31-138159.pdf
- [49] Lectra, KappAhl and Modaris 3D Fit. 2007. Bordeaux. Lectra World sisäinen koulutusseminaari. Esitelmä, omat muistiinpanot
- [50] Komission tiedonanto neuvostolle, Euroopan parlamentille, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle Tekstiili- ja vaatetusalan tulevaisuus laajentuneessa Euroopan unionissa. [WWW]. [Viitattu 19.10.2010] Saatavissa: eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2003:0649:FIN
- [51] CAD/CAM has Designs on the Future. JustStyle. [WWW]. [Viitattu 3.11.2010.] Saatavissa: http://www.just-style.com/analysis/cadcam-has-designs-on-the-future_id92750.aspx
- [52] CAE/PLM-tutkimuksen tulokset 2010. CCY ry. [WWW]. [Viitattu 12.10.2010.] Saatavissa: http://www.cadcamyhdistys.fi/files/CAEPLM_tulokset_2010.pdf